

Tecnología Energética (G.I.T.I.)



T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas

Las trasparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, …) y elaborar sus propios apuntes

Departamento: **Ingeniería Eléctrica y Energética**
Area: **Máquinas y Motores Térmicos**

CARLOS J RENEDO **renedoc@unican.es**
Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28
http://www.diee.unican.es/cjre.htm
Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82



1.- Introducción

En este tema se hace referencia a los principales elementos y dispositivos de las enfriadoras y bombas de calor




2.- Compresores

El componente más importante del equipo
- Partes móviles (mantenimiento, ruido)
- Mayor consumo energético
- Costoso

Recibe el freón proveniente del evaporador (vapor a baja presión y temperatura) por la tubería de aspiración. Lo comprime (elevando su presión y temperatura), expulsándolo por la tubería de descarga hacia el condensador

La compresión requiere energía mecánico ⇒ consumo energético

Son aptos para un fluido refrigerante (indicado en su placa característica)

Han de ser estancos al aire (humedad)

Fabricantes: Copeland, L´Unite Hermetique Danfoss, Bitzer, Tecumsen, Carlyle…




2.- Compresores: Clasificación (I)

Por el modo de accionamiento
- Eléctricos (habitual)
- Gas (cias de gas)
- Motor diesel
- Turbina …




Por la separación entre compresor y accionamiento
- Herméticos (eléctricos, pequeña potencia)
- Semiherméticos
- Abiertos (sin interacción de averías)

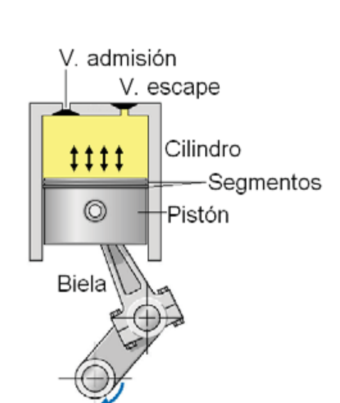


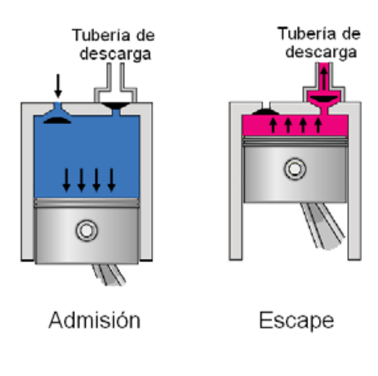
2.- Compresores: Clasificación (II)



Por el modo de compresión (I)

- Alternativos (reciprocantes) (I)
  - La presión se ajusta
  - Vibraciones
  - 2 válvulas
  - Flujo pulsante
  - Comportamiento conocido

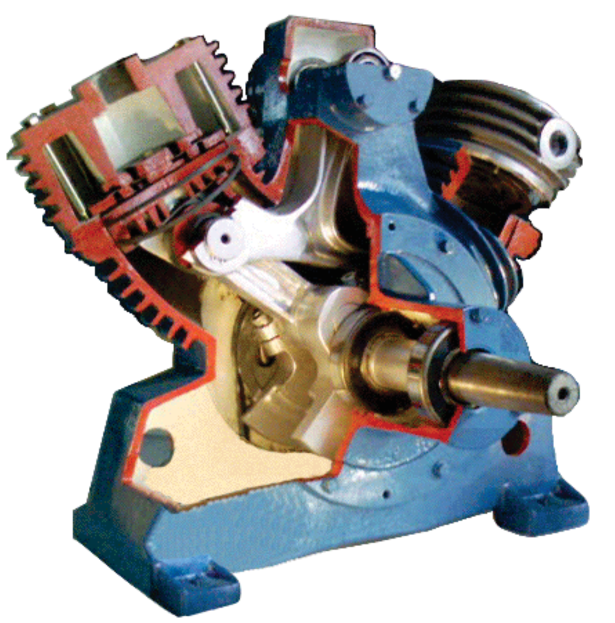




2.- Compresores: Clasificación (III)

Por el modo de compresión (II)

- Alternativos (reciprocantes) (II)
  - La presión se ajusta
  - Vibraciones
  - 2 válvulas
  - Flujo pulsante
  - Comportamiento conocido



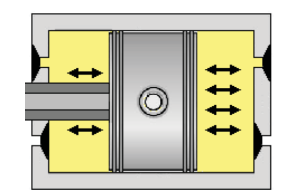
La capacidad se puede regular descargando algún cilindro



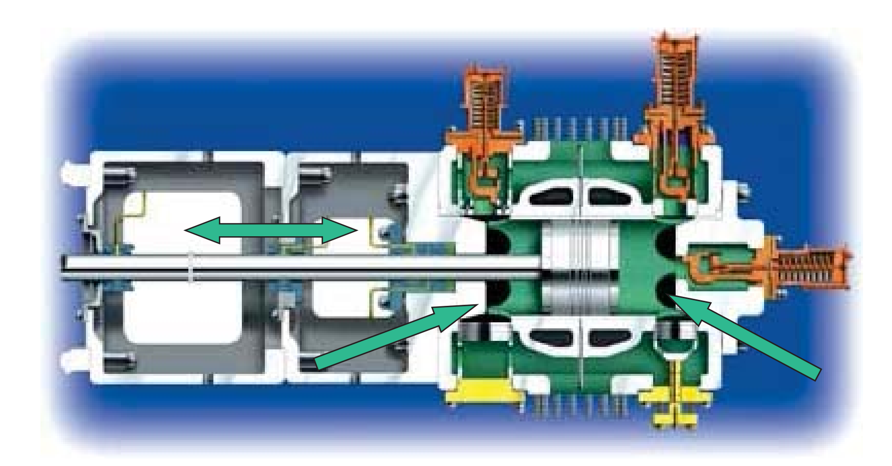


2.- Compresores: Clasificación (IV)

Por el modo de compresión (III)



- Alternativos lineales (con dos cámaras)





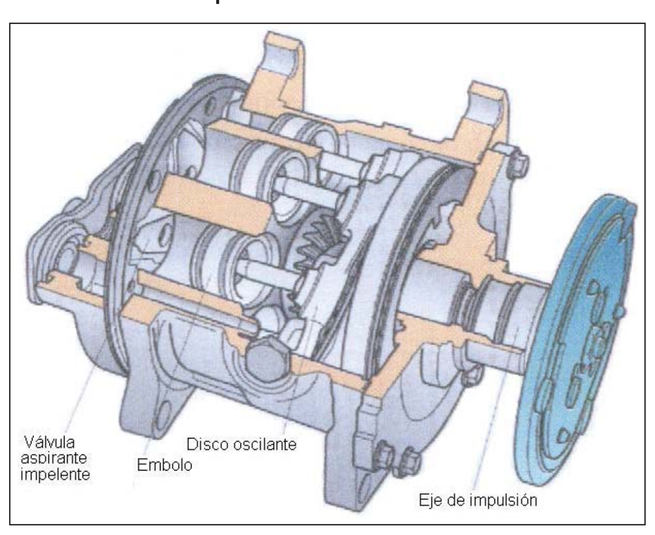
T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el modo de compresión (IV)

- Alternativos de pistones radiales



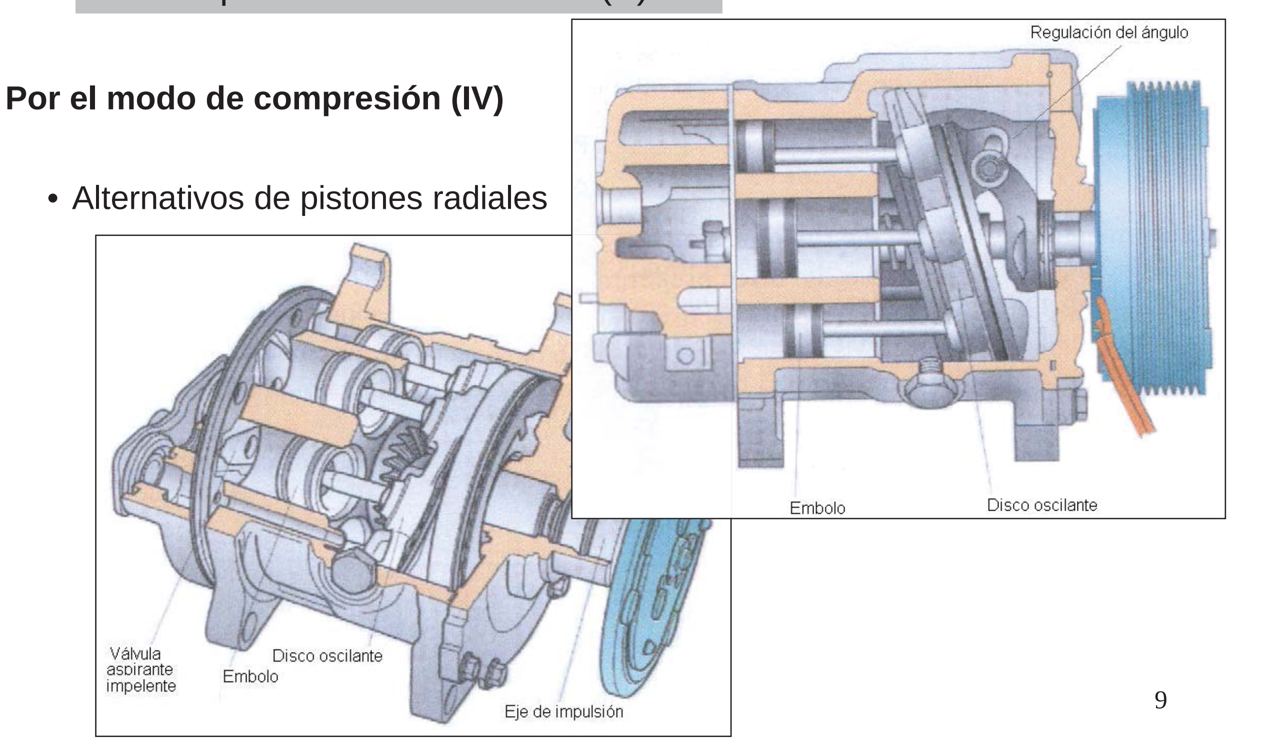




2.- Compresores: Clasificación (V)

Por el modo de compresión (IV)

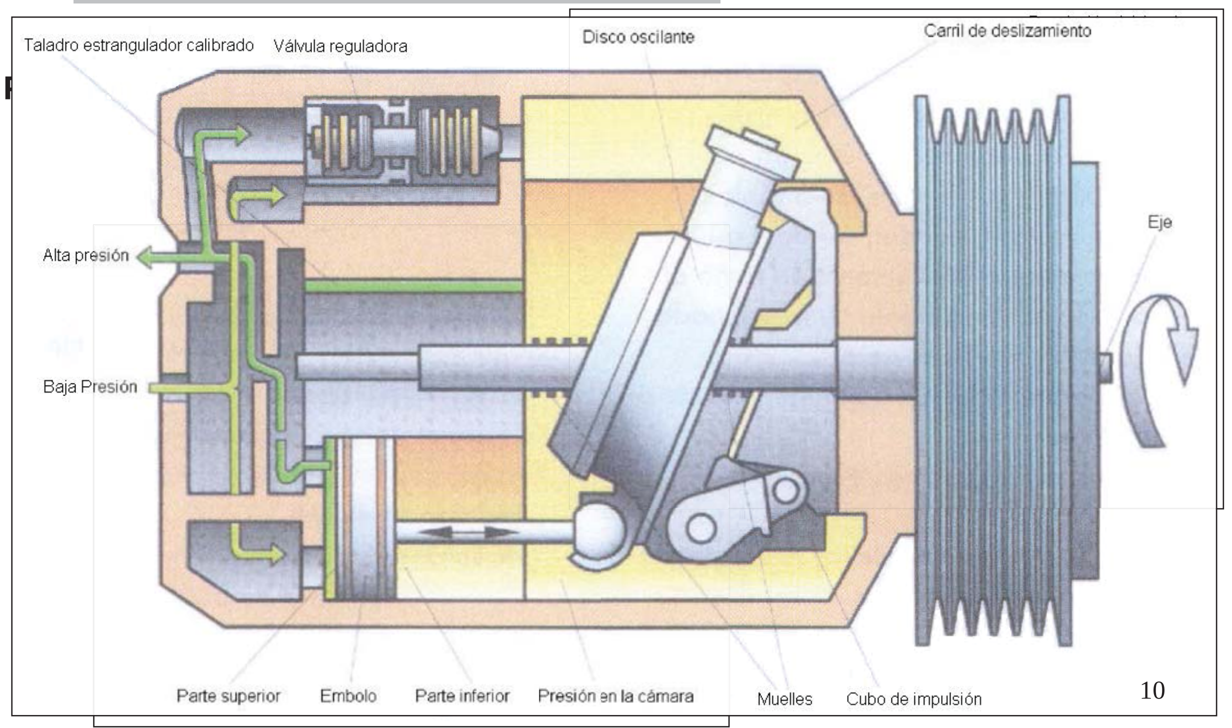
- Alternativos de pistones radiales







2.- Compresores: Clasificación (V)





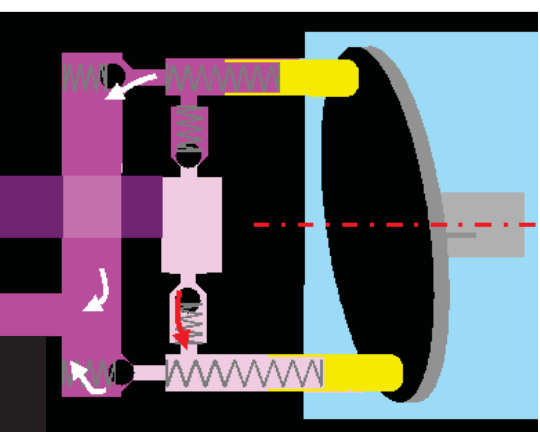


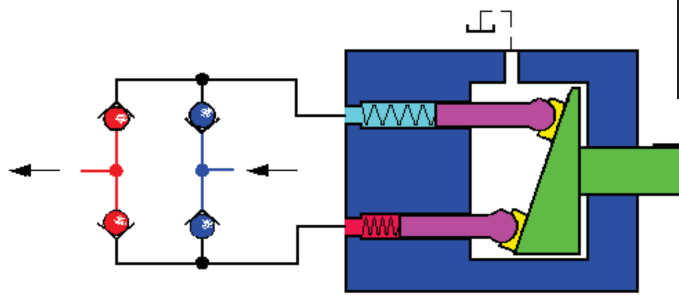
2.- Compresores: Clasificación (VI)

Por el modo de compresión (V)

- Alternativos de pistones radiales

Con una única entrada/salida por pistón







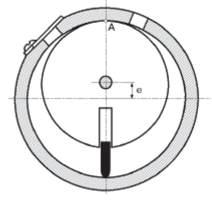


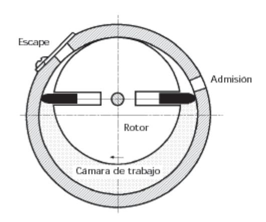
2.- Compresores: Clasificación (VII)

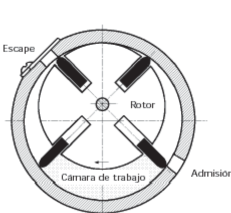
Por el modo de compresión (VI)

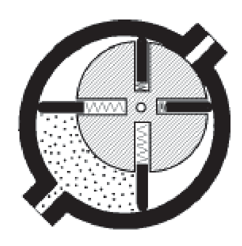
- Rotativos (I)

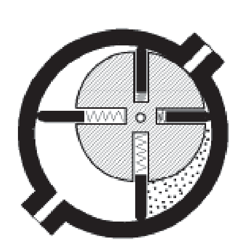
  - De paletas:
  Silenciosos
  Sin válvula de admisión
  Sensibles golpe de líquido
  Débil estanqueidad
  (bajas relaciones de compresión)

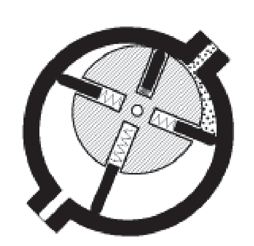
















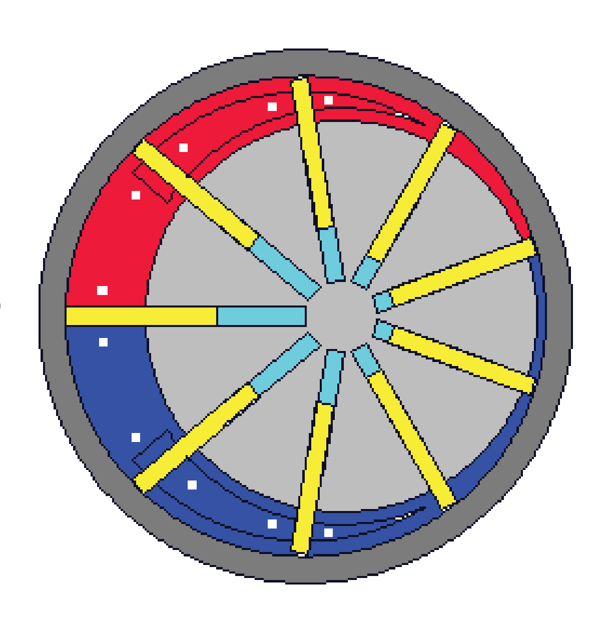
2.- Compresores: Clasificación (VII)

Por el modo de compresión (VI)

- Rotativos (I)

  - De paletas:

  Silenciosos
  Sin válvula de admisión
  Sensibles golpe de líquido
  Débil estanqueidad
  (bajas relaciones de compresión)







T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas

2.- Compresores: Clasificación (VIII)

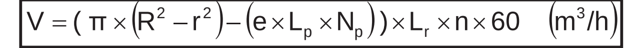


Por el modo de compresión (VII)

- Rotativos (II)

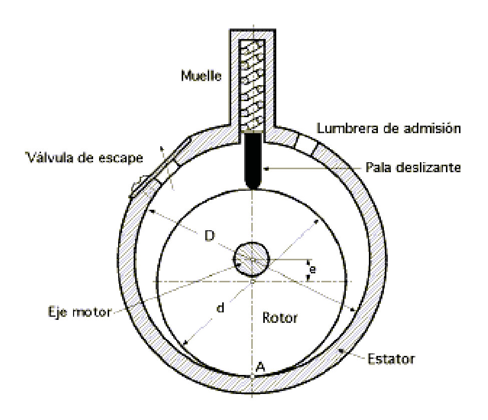
  - De rodillo:

  Silenciosos
  Sin válvula de admisión
  Sensibles golpe de líquido
  Débil estanqueidad
  (bajas relaciones de compresión)



$$V = \left(\pi \times \left(R^2 - r^2\right) - \left(e \times L_p \times N_p\right)\right) \times L_r \times n \times 60 \quad \left(m^3/h\right)$$

R y *r* los radios del estator y el rotor
L_r y L_p longitudes del rotor y de la paleta
e el espesor de la paleta
N_p el número de paletas
n la velocidad de giro



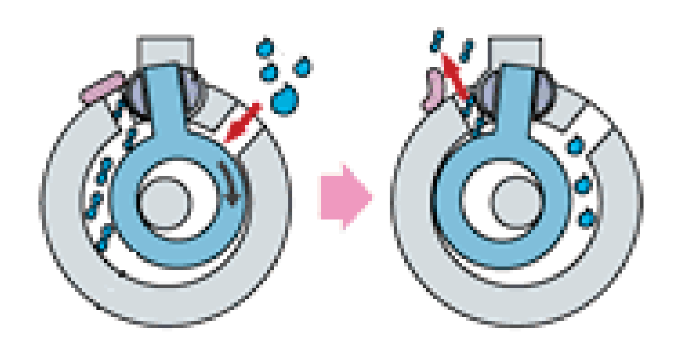


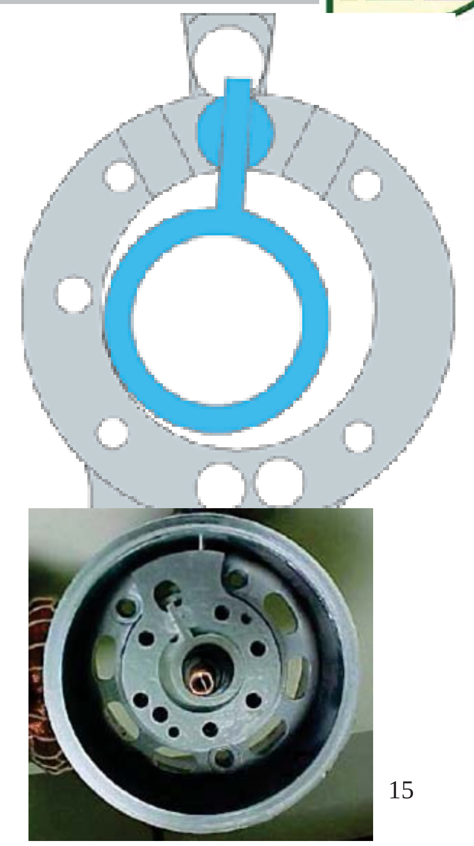


2.- Compresores: Clasificación (IX)

Por el modo de compresión (VIII)

- Rotativos (III)
  - *Swing:*









2.- Compresores: Clasificación (X)

Por el modo de compresión (IX)

- Rotativos (IV)
  - *De tornillo* (I):

    De doble tornillo

    Macho-hembra

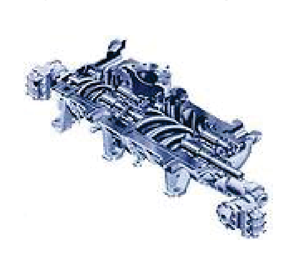
    Sellado con aceite

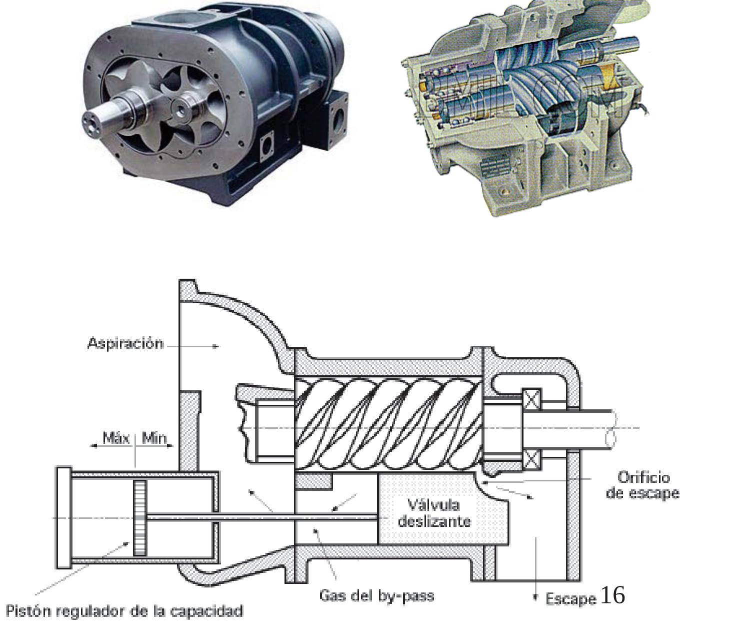
    Sin válvulas

    Relación de compresión fija

    Regulación de capacidad

    Inyección de vapor frío









2.- Compresores: Clasificación (X)

Por el modo de compr

- Rotativos (IV)

  - *De tornillo* (I):

    De doble tornil

    Macho-hembr

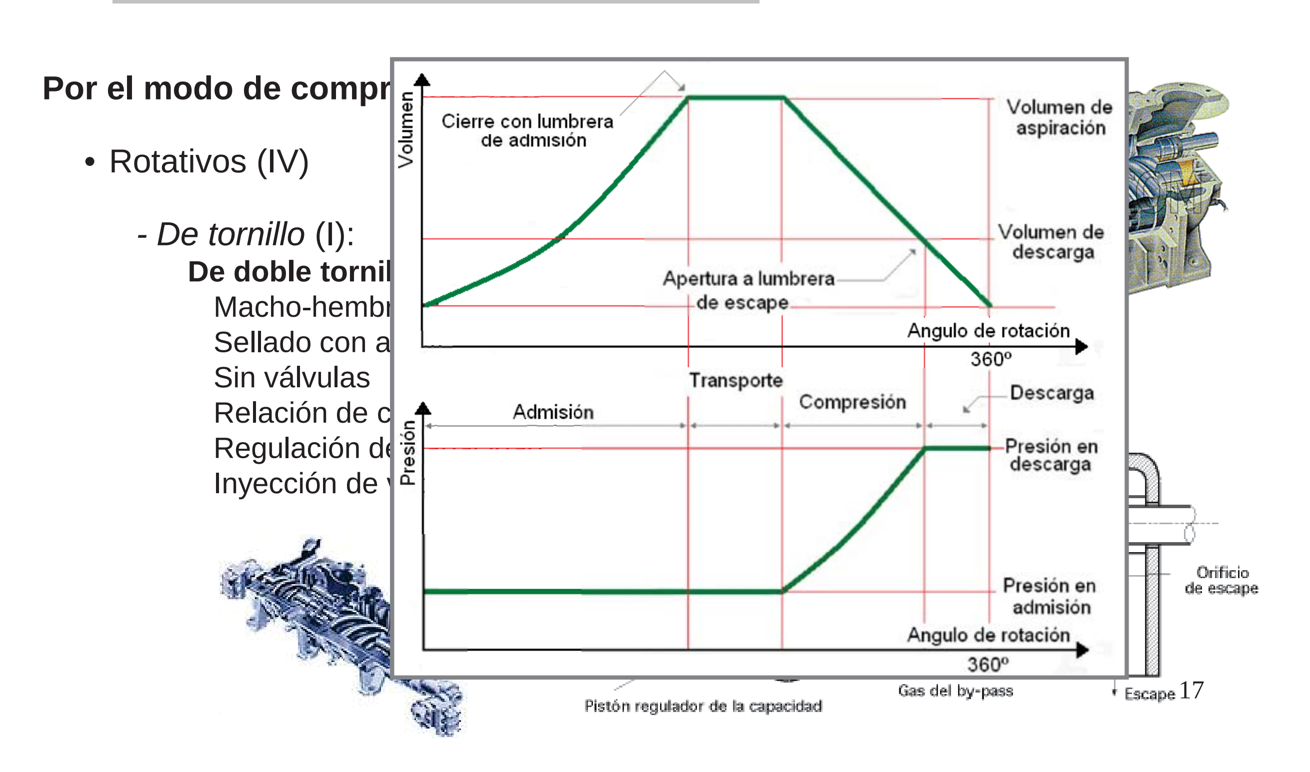
    Sellado con a

    Sin válvulas

    Relación de c

    Regulación de

    Inyección de







2.- Compresores: Clasificación (X)

Por el modo de compresión (IX)

- Rotativos (IV)

  - *De tornillo* (I):

    De doble tornillo

    Macho-hembra

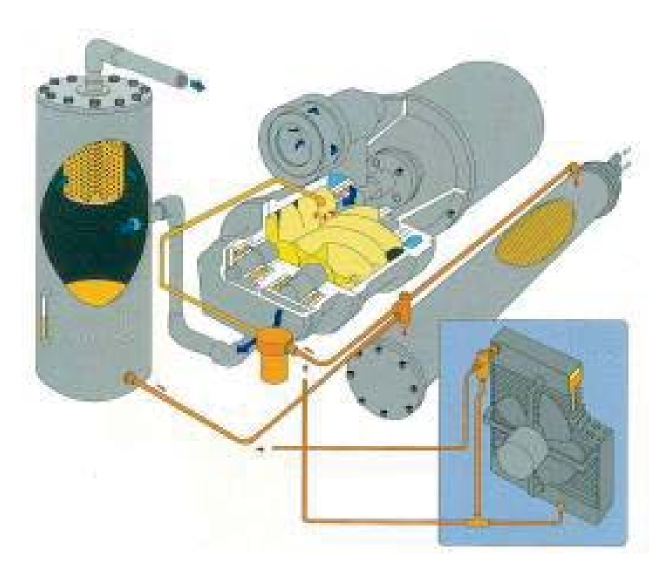
    Sellado con aceite

    Sin válvulas

    Relación de compresión fija

    Regulación de capacidad

    Inyección de vapor frío







T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



2.- Compresores: Clasificación (X)

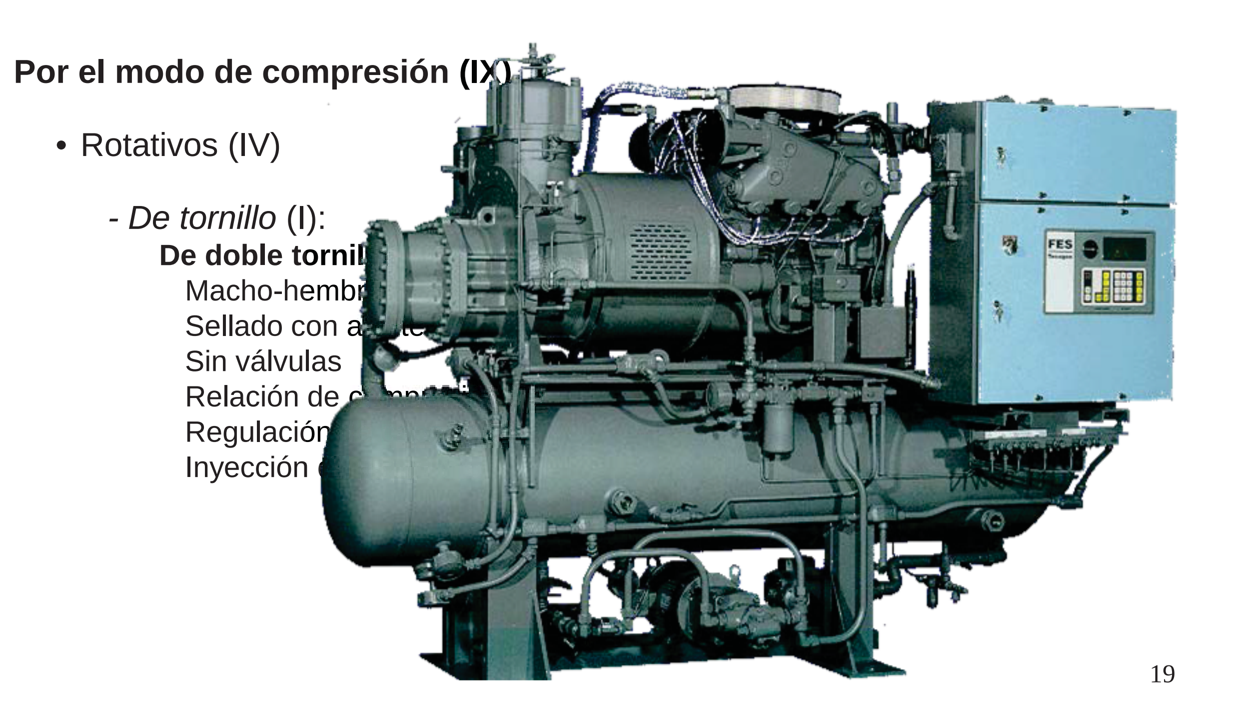
Por el modo de compresión (IX)

- Rotativos (IV)

  - *De tornillo* (I):

    De doble tornil

    Macho-hembr
    Sellado con a
    Sin válvulas
    Relación de c
    Regulación
    Inyección





T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



2.- Compresores: Clasificación (X)

Por el modo de compresión (IX)

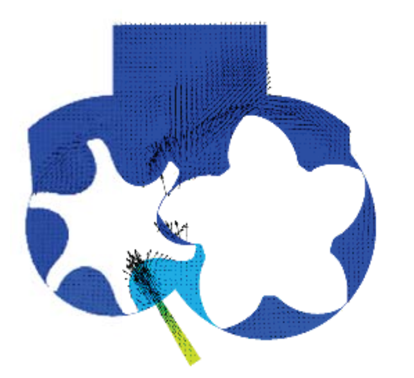
- Rotativos (IV)

  - *De tornillo* (I):

    De doble tornillo

    Macho-hembra
    Sellado con aceite
    Sin válvulas
    Relación de compresión fija
    Regulación de capacidad
    Inyección de vapor frío









2.- Compresores: Clasificación (XI)

Por el modo de compresión (X)

- Rotativos (V)

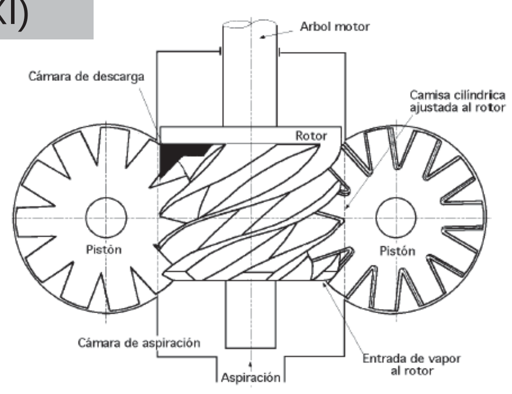
  - *De tornillo* (II):

    De tornillo simple

    (triple tornillo)

    Tornillo y dos satélites

    Control de capacidad (anillo)











2.- Compresores: Clasificación (XI)

Por el modo d

- Rotativos (

  - *De torn*

    De to

    (trip

    Torr

    Cor

Acople motor-compresor

Motor

Válvula de aspiración

Compresor

Control

Separador de aceite

Filtro de aceite

Refrigerador
del aceite

Bomba de aceite





2.- Compresores: Clasificación (XI)

Por el modo de compresión (X)

- Rotativos (V)

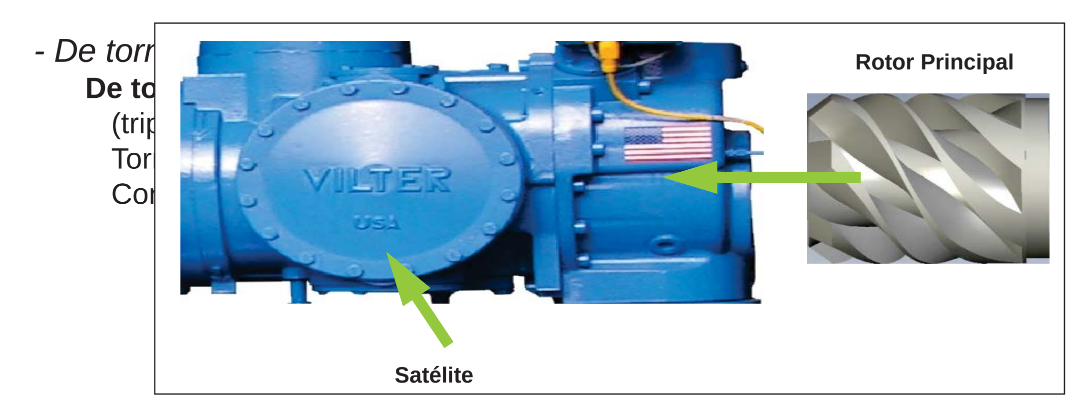
- De torn

De to

(trip

Tor

Co





T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



2.- Compresores: Clasificación (XI)

Por el modo de compresión (X)

- Rotativos (V)

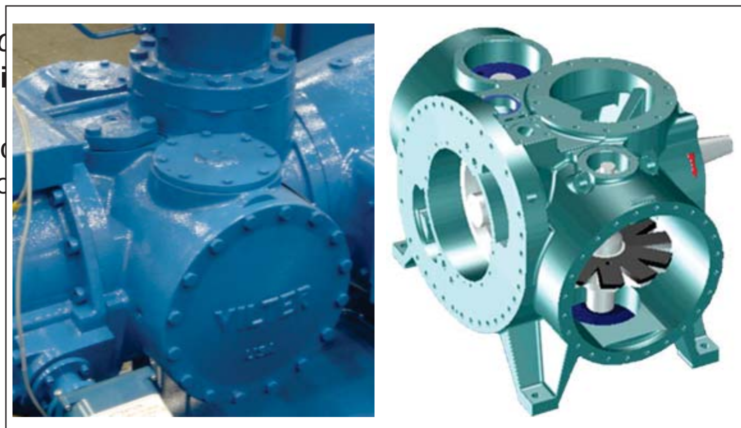
- De tornillo

De torni

(triple

Tornillo

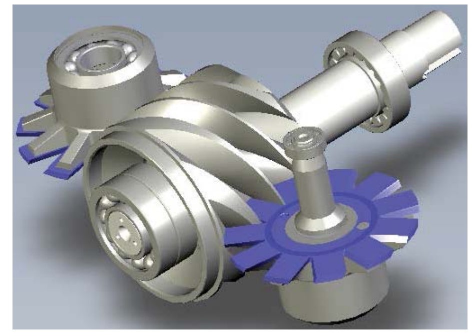
Contro







2.- Compresores: Clasificación (XI)



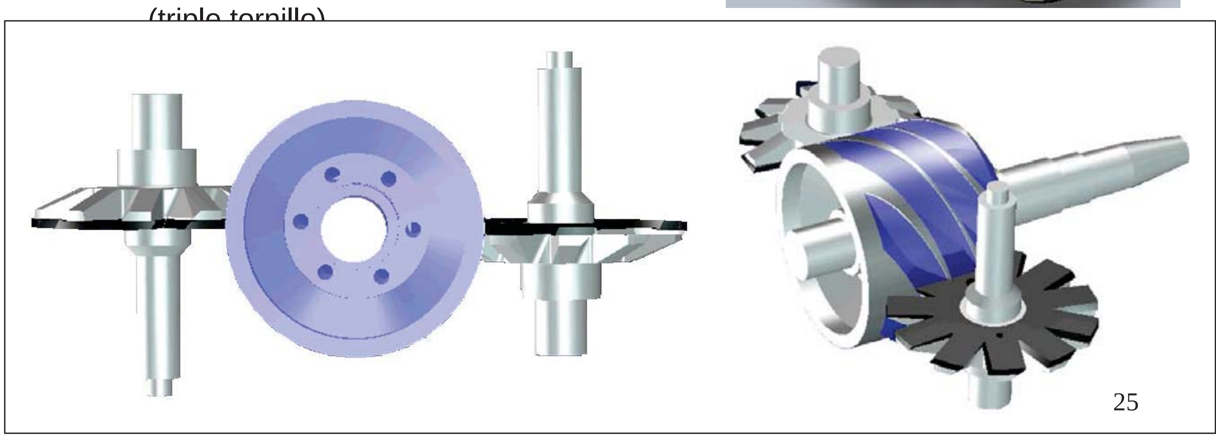
Por el modo de compresión (X)

- Rotativos (V)

  - *De tornillo* (II):

    De tornillo simple

    (triple tornillo)

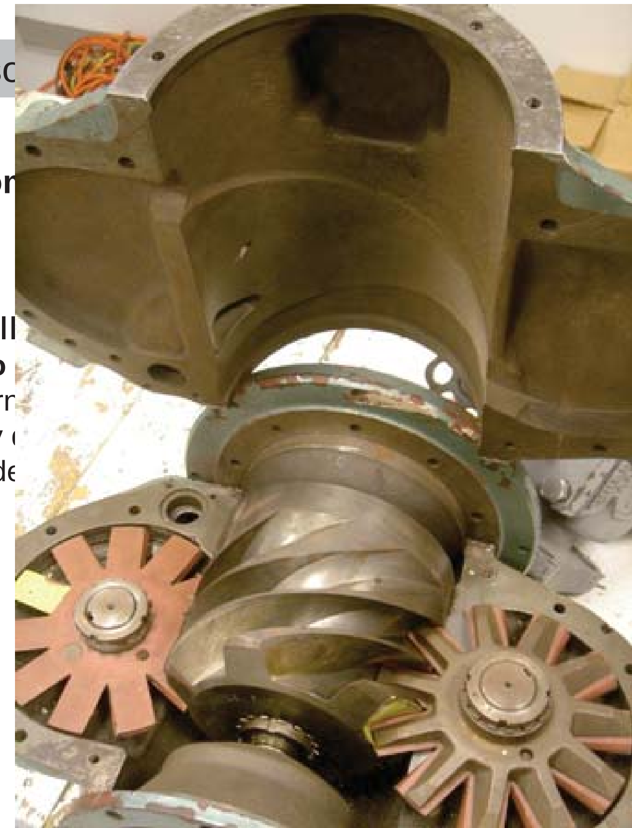








2.- Compreso



Por el modo de con

- Rotativos (V)

  - *De tornillo* (II

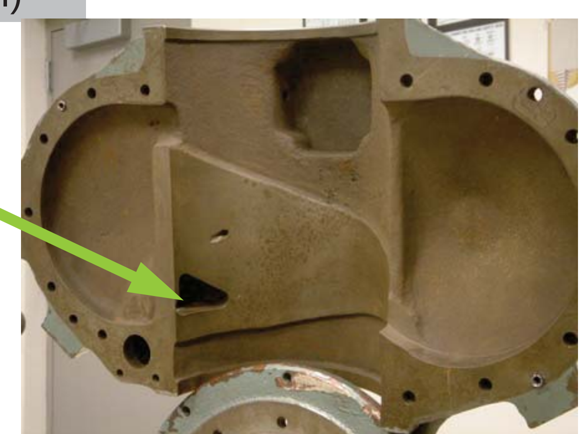
    De tornillo

    (triple torn

    Tornillo y

    Control de

2.- Compresores: Clasificación (XI)



Por el modo de compresión (X)

- Rotativos (V)

Entrada de vapor al compresor

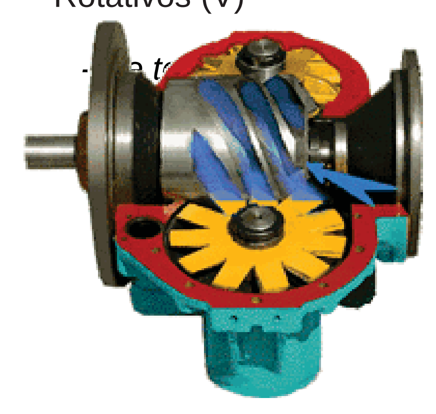
- *De tornillo* (II):
  De tornillo simple
  (triple tornillo)

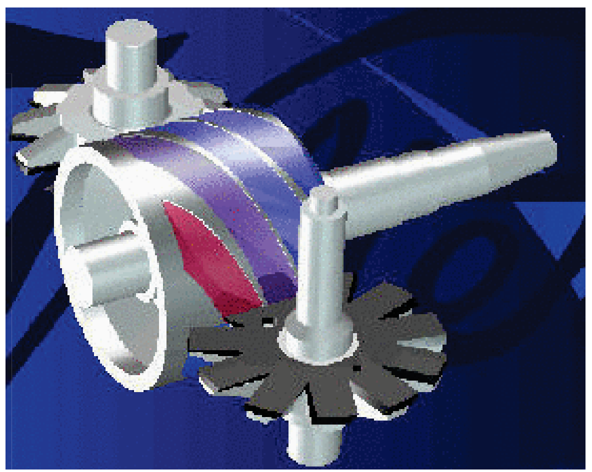


2.- Compresores: Clasificación (XI)

Por el modo de compresión (X)

- Rotativos (V)







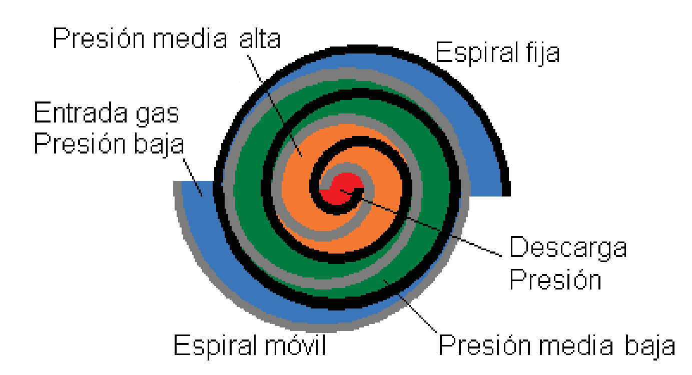


2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el modo de compresión (XI)

- Rotativos (VI)

  - *Scroll* (I):
    Dos volutas en forma de espiral
    Varias cámaras enfrentadas
    Flujo continuo
    Sin válvulas
    Relación de compresión fija
    Regulación de capacidad con varias lumbreras de descarga
    Necesita válvula antirretorno
    El sellado no soporta toda la diferencia de presión
    Resistente a la entrada de líquido





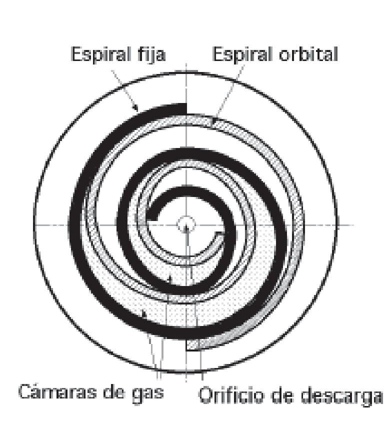


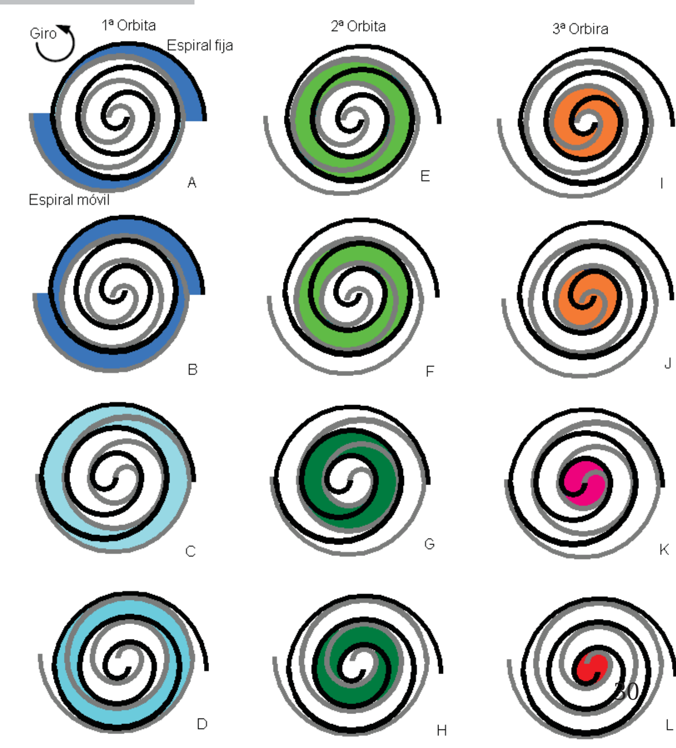
2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el modo de compresión (XI)

- Rotativos (VI)

  - *Scroll* (II):





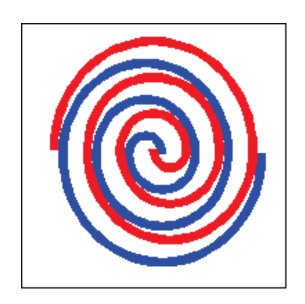




2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el modo de compresión (XI)

- Rotativos (VI)
  - *Scroll* (III):







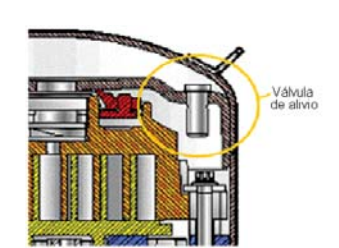


2.- Compresores: Clasificación (XII)

Por el modo de compresión (XI)

- Rotativos (VI)
  - *Scroll* (III):

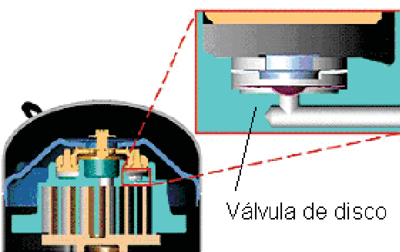
Válvula de alivio de presión (descarga a la succión)



Válvula antiretorno (impide giro inverso)



Protección frente a sobretemperaturas (descarga a la aspiración)







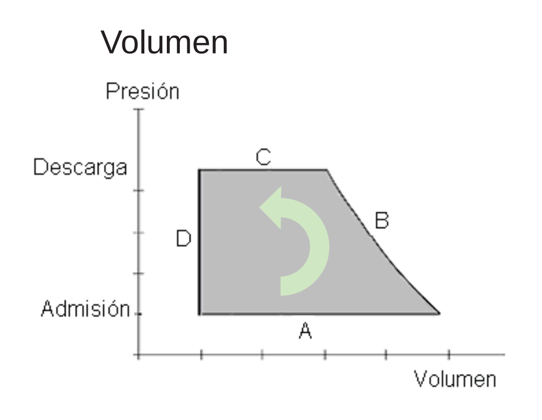
2.- Compresores: Clasificación (XII)

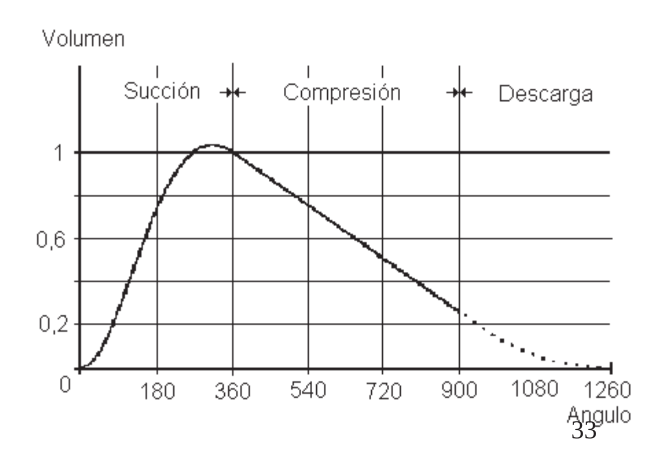
Por el modo de compresión (XI)

- Rotativos (VI)

  - *Scroll* (III):

Volumen







T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



2.- Compresores: Clasificación (XII)

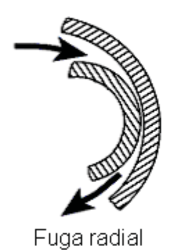
Por el modo de compresión (XI)

- Rotativos (VI)

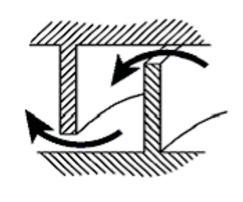
  - *Scroll* (III):

Sellado (evitar fugas)

Las posibilidades de fugas son tanto radiales como axiales (más críticas)



Fuga radial

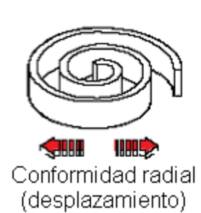


Fuga axial



Impurezas





Conformidad radial (desplazamiento)





2.- Compresores: Clasificación (XII)

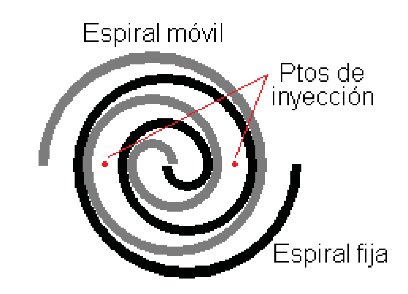
Por el modo de compresión (XI)

- Rotativos (VI)

  - *Scroll* (III):

Inyección de Vapor

- Permite trabajar a T_{eva} inferiores
- Aumenta la capacidad frigorífica
- Aumenta el COP
- Reduce tamaño instalación
- Disminuye ruido





T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



2.- Compresores: Clasificación (XII)

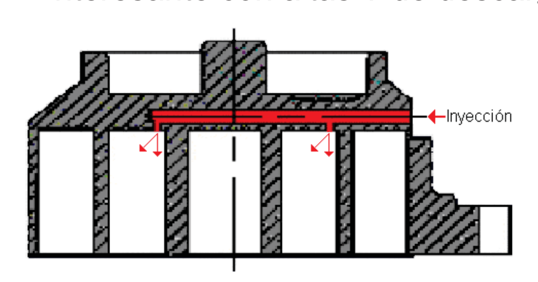
Por el modo de compresión (XI)

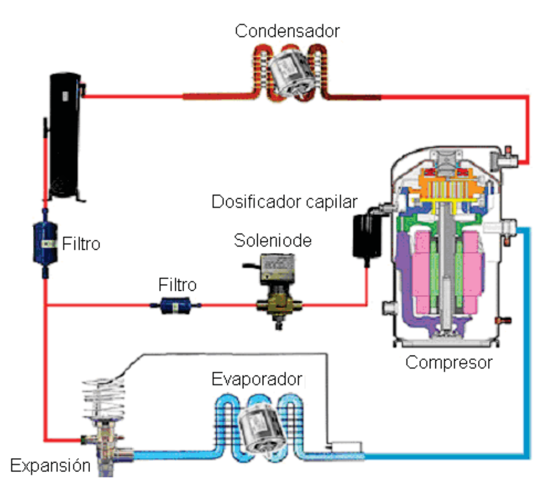
- Rotativos (VI)

  - *Scroll* (III):

Inyección de Líquido

- Interesante con altas T de descarga





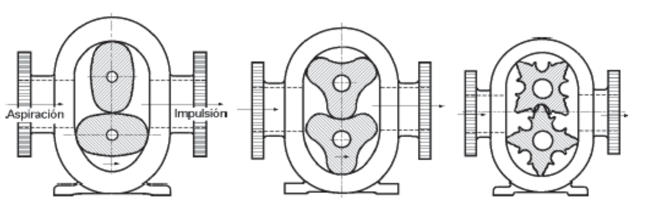




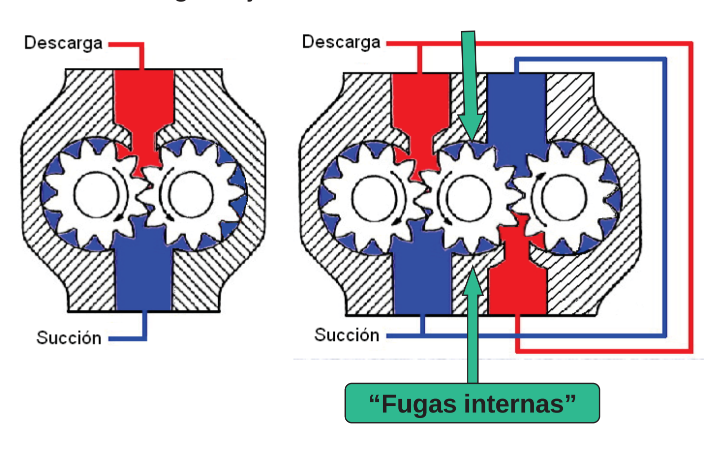
2.- Compresores: Clasificación (XIII)

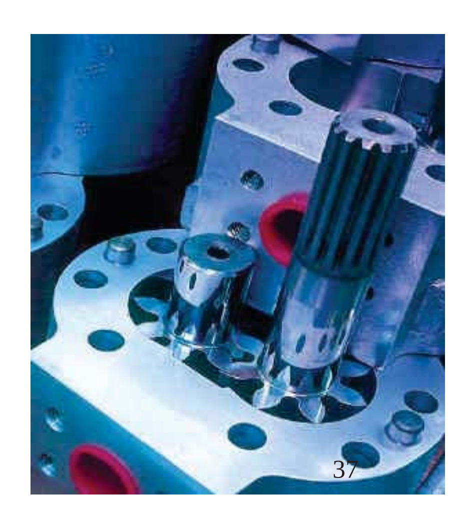
Por el modo de compresión (XII)

- Rotativos (VII)



  - *Engranajes*:
    Dos engranajes, uno accionado







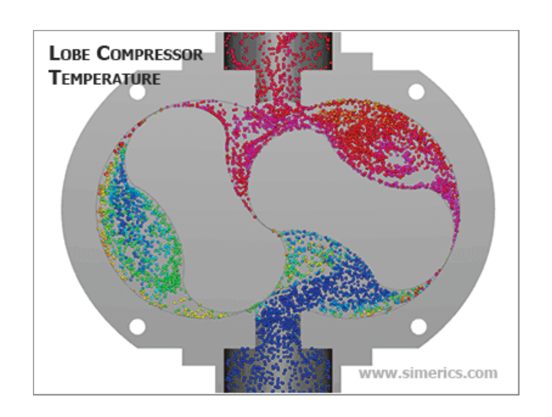
T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas

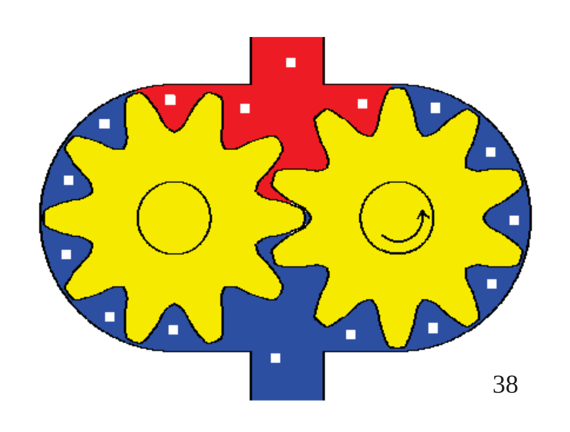


2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el modo de compresión (XII)

- Rotativos (VII)
  - *Engranajes*:
    Dos engranajes, uno accionado





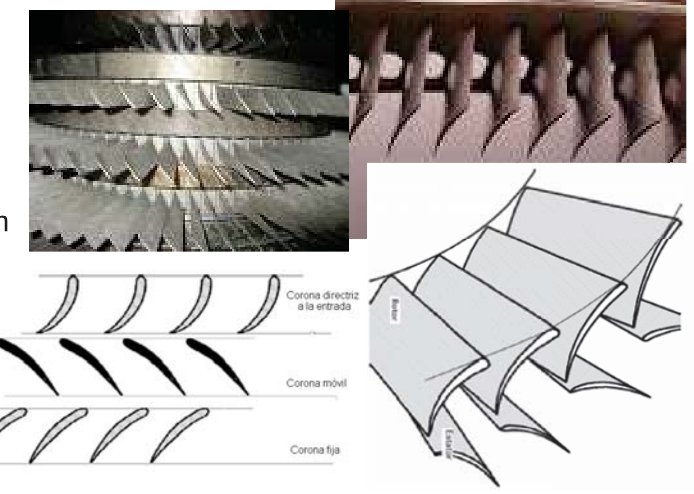


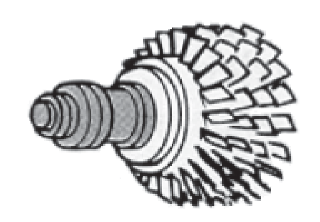


2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el modo de compresión (XII)

- Rotativos (VII)
  - *Axiales*:
    Baja relación de compresión
    Grandes volúmenes







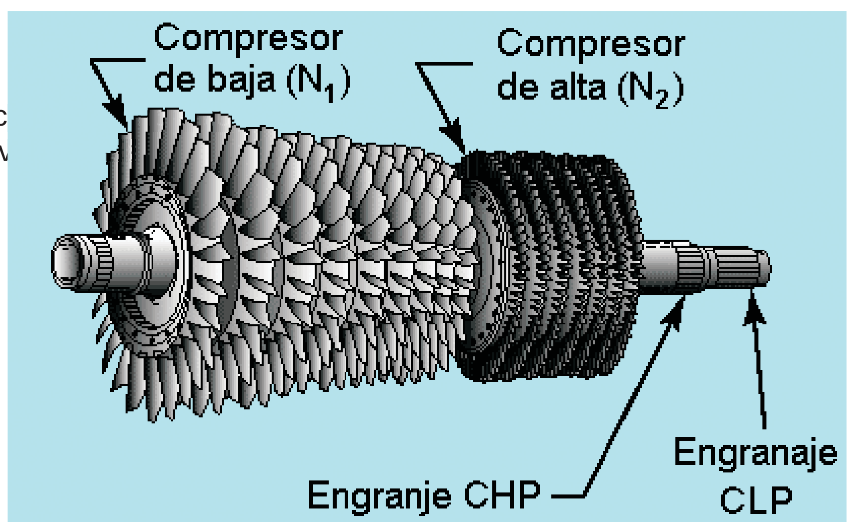
T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



2.- Compresores: Clasificación (XIII)

Por el modo de compresión (XII)

- Rotativos (VII)
  - *Axiales*:
    Baja relac
    Grandes v



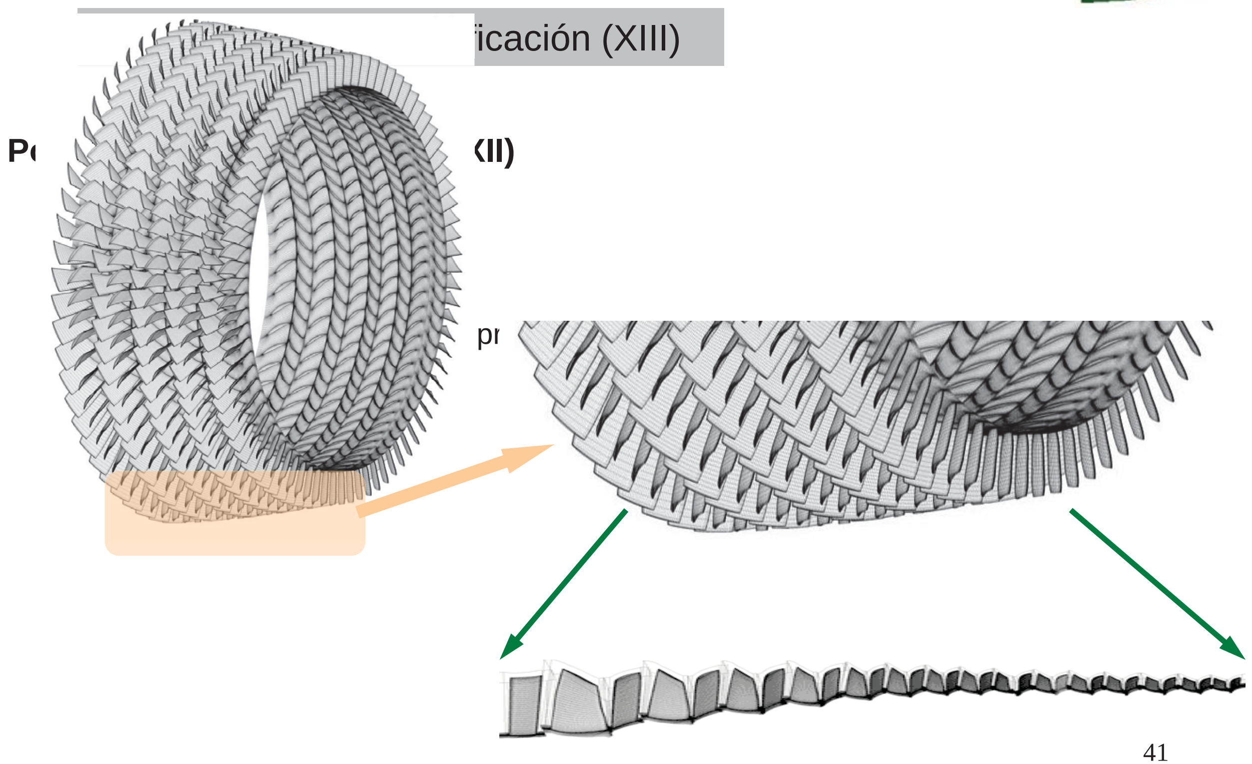




ficación (XIII)

P XII)

pr



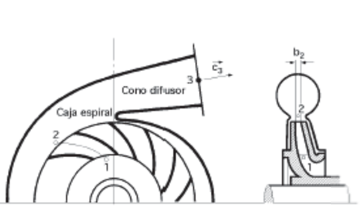


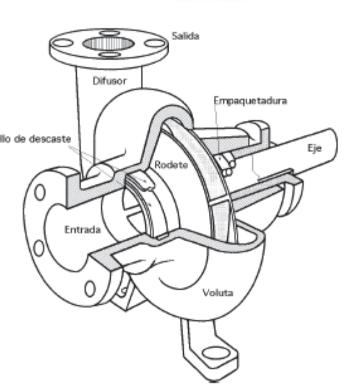


2.- Compresores: Clasificación (X)

Por el modo de compresión (IX)

- Rotativos (VIII)
  - *Centrífugos:*
    Baja relación de compresión
    Grandes volúmenes







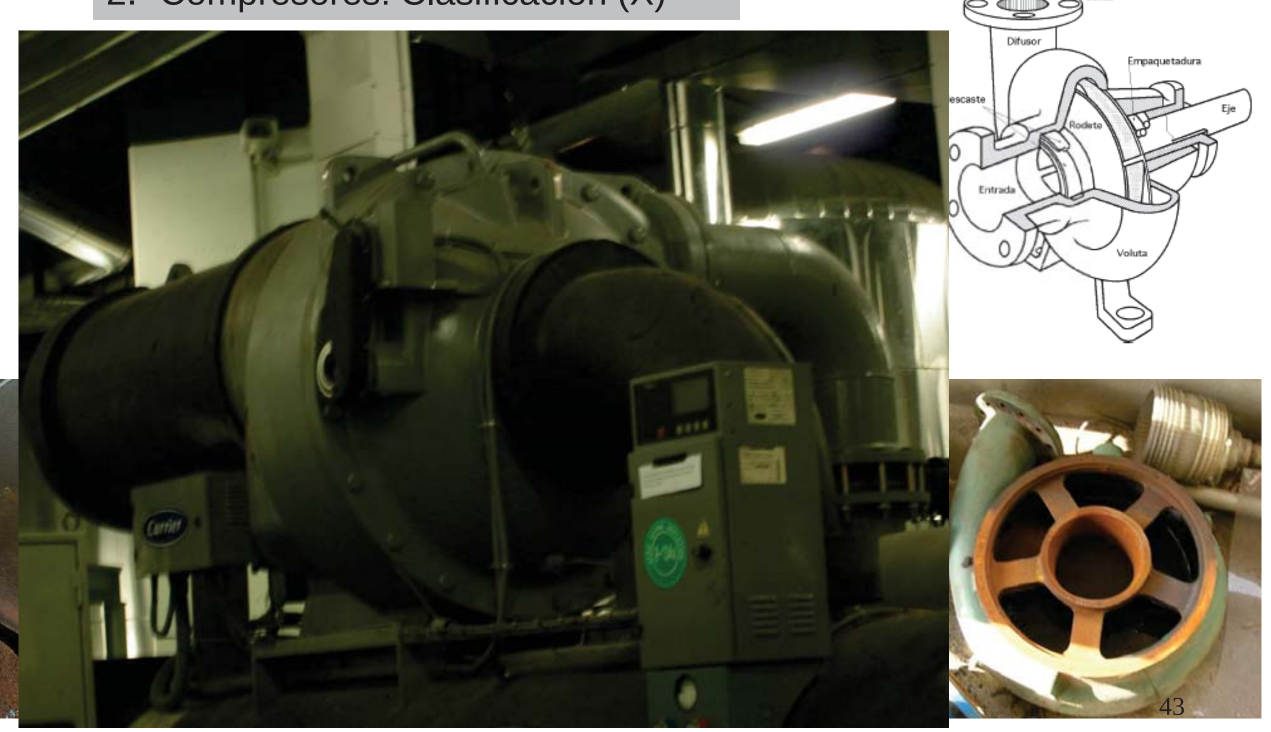








2.- Compresores: Clasificación (X)



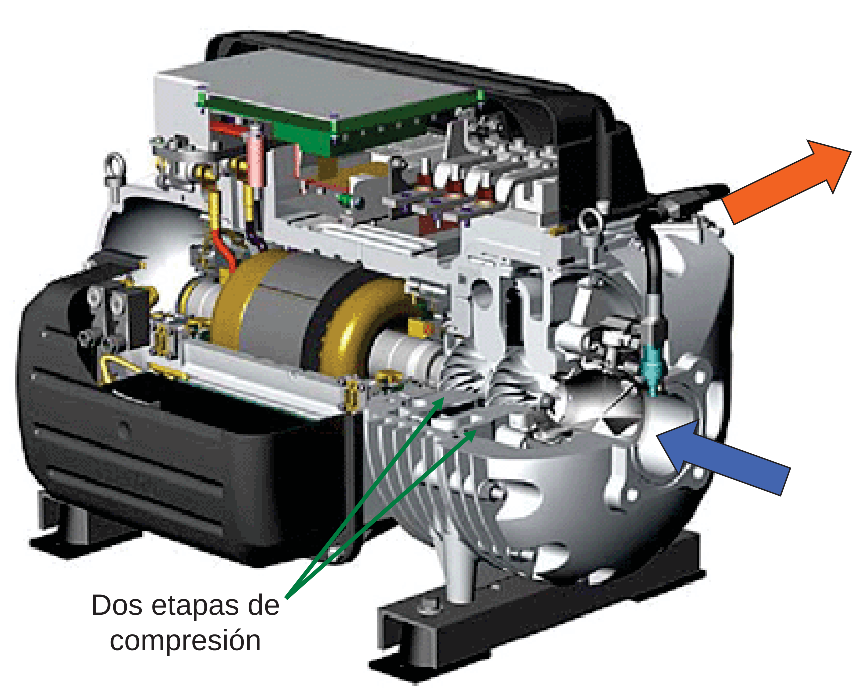




2.- Compresores: Clasificación (X)

Por el modo de

- Rotativos (V
  - *Centrífug*
    Baja re
    Grande



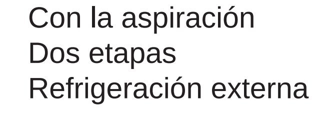




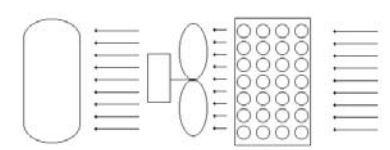
3.- Elementos Auxiliares del Compresor (I)

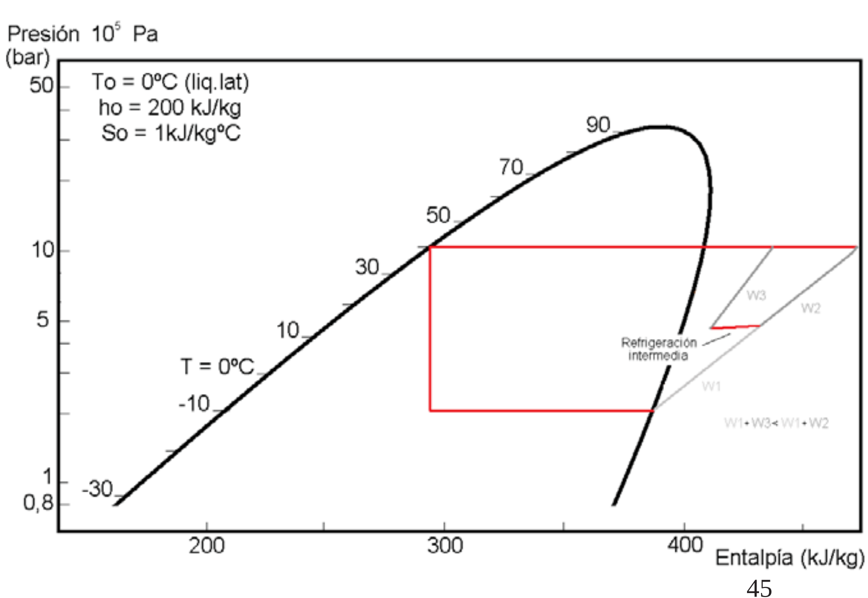
La refrigeración del compresor

- Con la aspiración
- Dos etapas
- Refrigeración externa



$$p_{int} = \sqrt{p_{max} \times p_{min}}$$







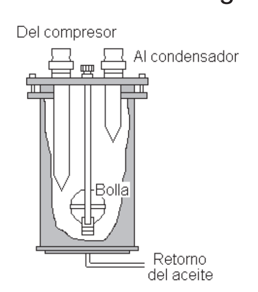


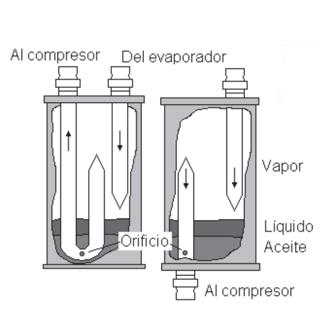
3.- Elementos Auxiliares del Compresor (II)

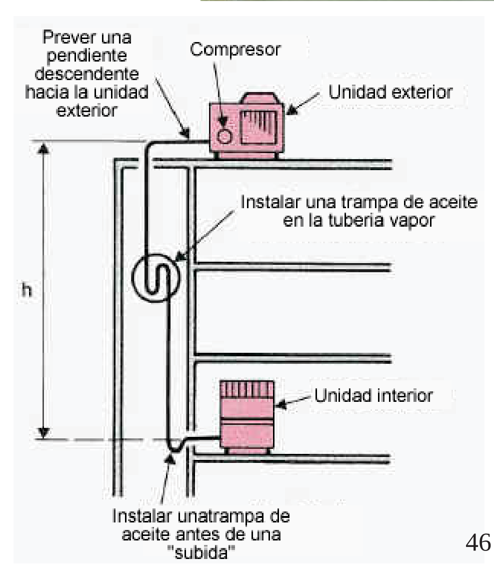


La lubricación del compresor

- Carcasa es el cárter, visor
- Mezcla aceite-refrigerante
- $\eta\downarrow$ al $\uparrow$T
- Resistencia eléctrica
- Pendientes descendentes
- Sifones
- Filtros y separadores
- Botella antigolpe de líquido
- Posición original









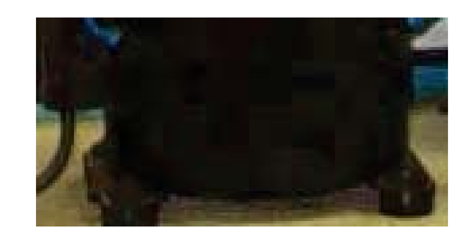
3.- Elementos Auxiliares del Compresor (III)

Vibraciones y ruidos

- Dispositivos internos
- Dispositivos externos

- Silenciadores
- Uniones flexibles
- Amortiguadores
- Bancadas

















3.- Elementos Auxiliares del Compresor (IV)

Sistemas de seguridad

- Presostato de máxima
- Presostato de mínima
- Válvula de seguridad interna
- Válvula de seguridad externa
- Fusible (de presión)
- Presostato de aceite
- Nivel de aceite
- Protector térmico







Protecciones externas





3.- Elementos Auxiliares del Compresor (V)

Control de la capacidad del compresor
(ajustar la producción del compresor a las necesidades)
Control todo-nada
Capacidad regulable: en escalones o en continuo

Utilidades:
Alimentar varias instalaciones
Cuando existen diferentes solicitaciones a lo largo del día
Facilitar la puesta en marcha al reducir la carga en el arranque

En los ***multicilíndrico*** se puede descargar uno o más cilindros, desplazando la válvula de aspiración

En los ***compresores de tornillo y los scroll***, la regulación en continuo, (10%-100%), variando el punto donde comienza la compresión

Un modo adaptable es accionar con un ***motor de velocidad variable***

Un modo en escalones es utilizando ***varios compresores en paralelo*** (tándem), aumenta la fiabilidad





3.- Elementos Auxiliares del Compresor (VI)

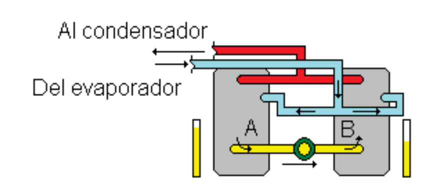
Centrales Frigoríficas:
Instalación de varios ***compresores en paralelo***

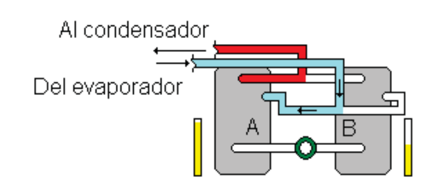
Aumenta la fiabilidad.
Disminuye la potencia instalada
(factor simultaneidad)

Preferible combinar equipos de distintas capacidades (1-2-4-8, etc).

Hay que tener especial ***cuidado con el aceite de lubricación***, ya que ***el retorno*** no se reparte por igual, requiere de tubería de equilibrado











3.- Elementos Auxiliares del Compresor (VII)

Selección del los compresores

Estudiar el ***número y tamaño idóneos*** de las unidades compresoras

(la parcialización de la carga de un compresor siempre supone pérdida de C.O.P)

Selección de ***equipos de alto rendimiento***, haciéndoles funcionar en su punto ***óptimo*** o próximo a este, estudiando las cargas parciales

Compresor	400 kW	250 kW	150 kW
Rendimiento nominal	93%	92%	91%
Rend. Al 60% de la carga	90%	89%	88%
Rend. Al 30% de la carga	88%	87%	86%

En ***cada régimen de trabajo*** estudiar ***la relación de compresión***. Cuanto menor sea más eficientemente es el sistema

La combinación de ***equipos de diferente tecnología*** puede producir unos rendimientos energéticos muy altos



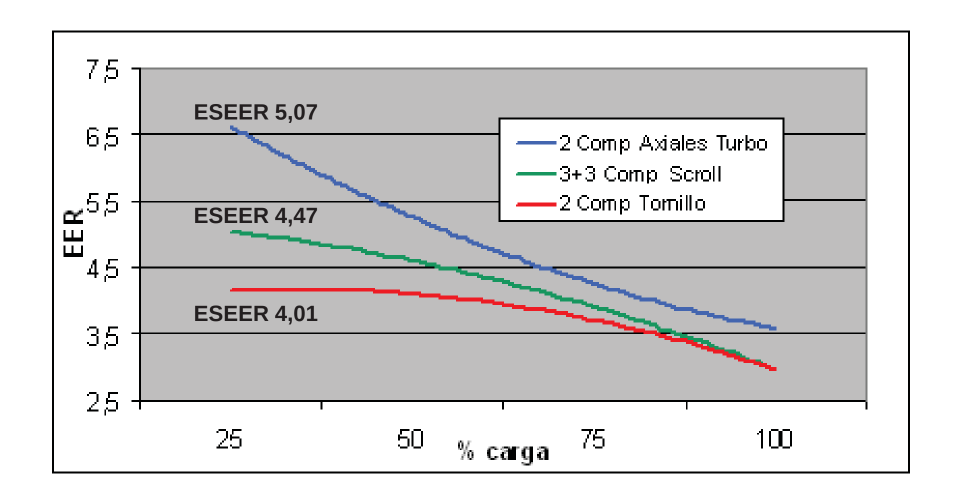


3.- Elementos Auxiliares del Compresor (VIII)

Selección del los compresores

Estudiar el ***número y tamaño idóneos*** de las unidades compresoras

(la parcialización de la carga de un compresor siempre supone pérdida de C.O.P)







4.- Condensadores (I)

Intercambiador de calor en el que el refrigerante, vapor a alta presión y temperatura, se licua, liberando calor a un medio exterior más frío (aire o agua)

- Sin pérdida de presión (teoría)
- Tamaño suficiente

Para el buen funcionamiento es preciso:

- Que esté limpio
- Colocación de filtros de aire o agua para impedir que se ensucie
- La temperatura del aire o agua ha de ser lo más baja posible

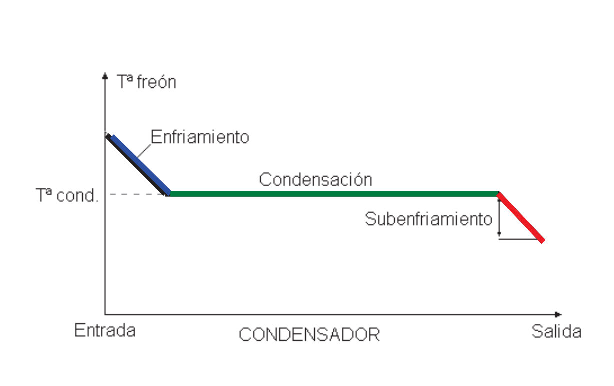
La ***colocación*** física del condensador es generalmente ***junto al compresor***, unidad condensadora, se puede aprovechar la refrigeración del condensador para refrigerar también el compresor.

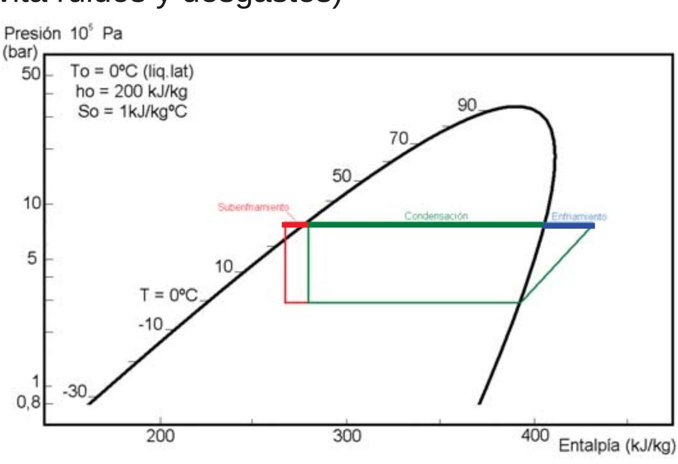




4.- Condensadores (II)

Subenfriamiento: asegurar la completa condensación del refrigerante (mejora la etapa de expansión, evita ruidos y desgastes)





Si es excesivo diminuye el aprovechamiento del condensador
(calor latente > calor sensible)





4.- Condensadores (III)

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante (I)

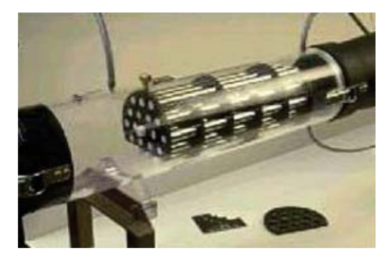
–***Condensadores de aire***:
- Tubo, aletas, ventilador en flujo cruzado
- Compacto (tamaño)
- Varios en paralelo (limitar pérdidas de carga)
- Transposición (idénticas condiciones a la salida)

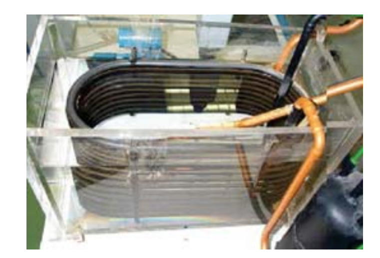


–***Condensador de agua,*** el tamaño necesitado es menor
- Intercambiador (en contracorriente, válvula presostática)

- De inmersión (acumulador)
- Evaporativo (pulverizar agua)











T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas

4.- Condensadores (IV)

Clasificación según el medio que absorbe el calor del refrigerante (II)

–***Condensador mixto,*** combinando los dos anteriores
– Menor consumo de agua
–Aire o agua en función de la demanda

El ***agua calentada*** en la condensación se puede:

-***Almacenarse*** para su posterior utilización (desescarche del evaporador)

-***Utilizarse*** directamente en duchas, grifos,...

-***Verterse a la red,*** agua perdida (válvula presostática de agua).

- ***Enfriarse en una torre de refrigeración*** para utilizar en circuito cerrado

P < 300 kW es recomendable condensación por aire

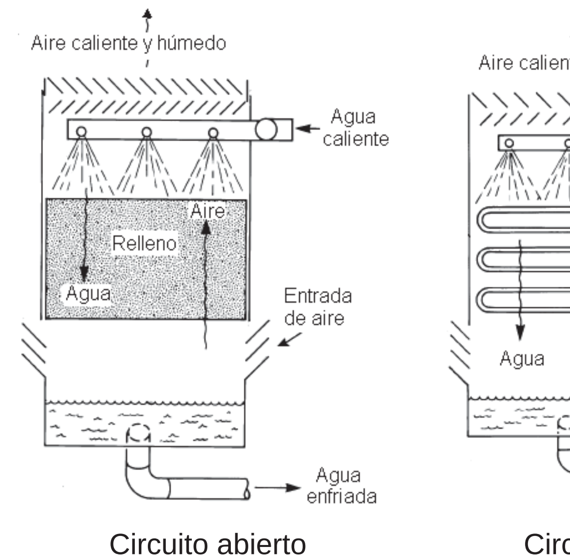
P > 300 kW es recomendable condensación por agua



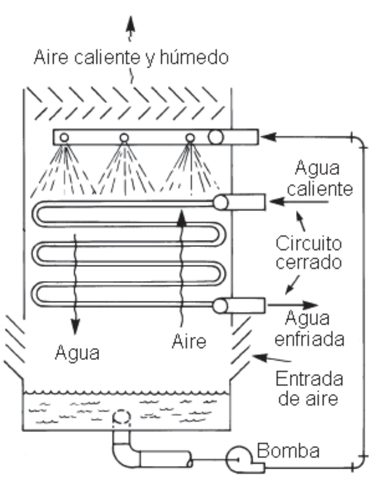


4.- Condensadores (V)

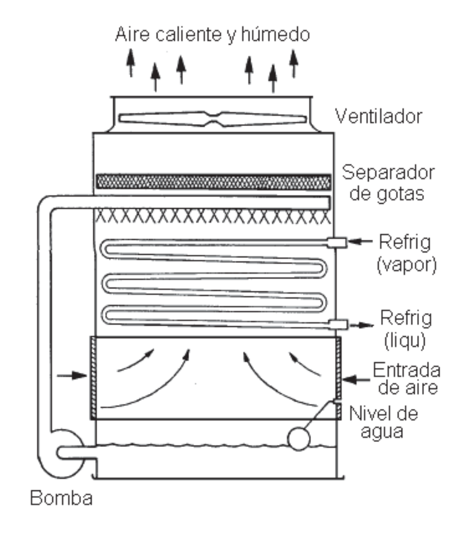
Torres de refrigeración (I)



Circuito abierto



Circuito cerrado



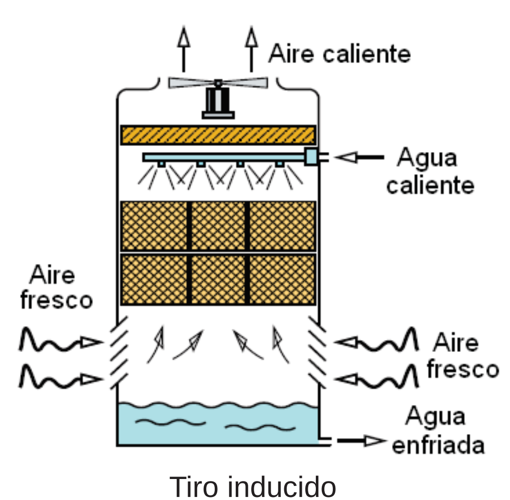
Condensador evaporativo



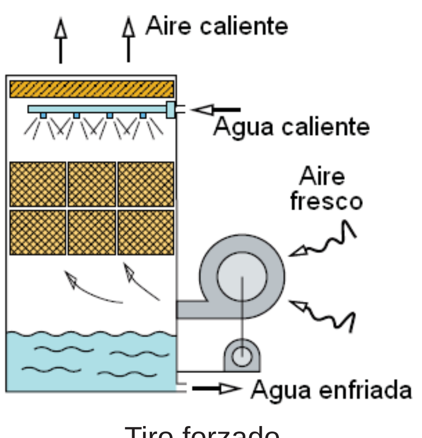


4.- Condensadores (VI)

Torres de refrigeración abiertas (I)



Tiro inducido



Tiro forzado

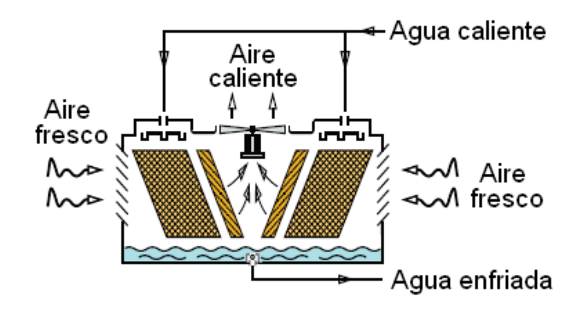
Tiro inducido consume menos energía en ventiladores, pero el ventilador trabaja con aire casi saturado (alta HR)



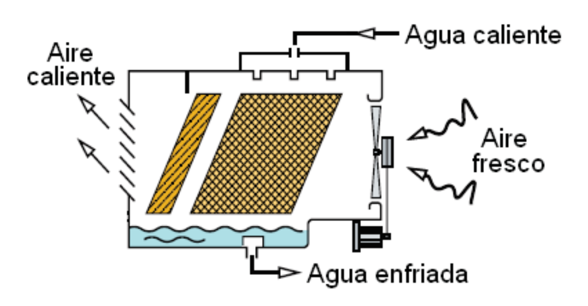


4.- Condensadores (VII)

Torres de refrigeración abiertas (II)



Flujo cruzado y tiro inducido



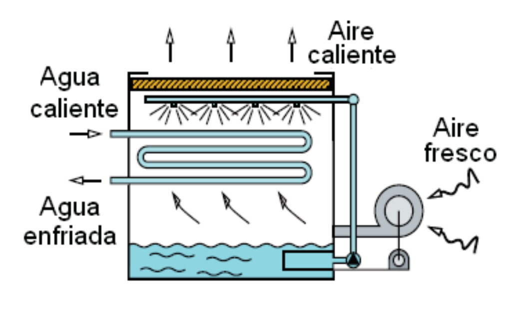
Flujo cruzado y tiro forzado





4.- Condensadores (VIII)

Torres de refrigeración cerradas

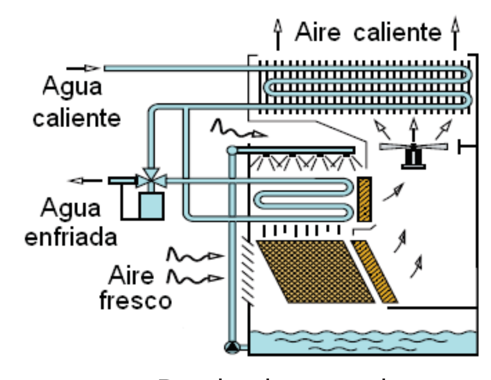


Tiro forzado

...

Torres de refrigeración híbridas

(parte seca y otra evaporativa)



De circuito cerrado

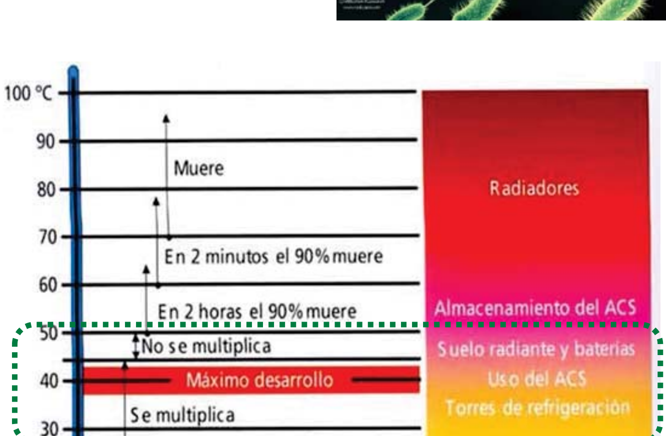
...

Purgas en torres húmedas para mantener la concentración de sales



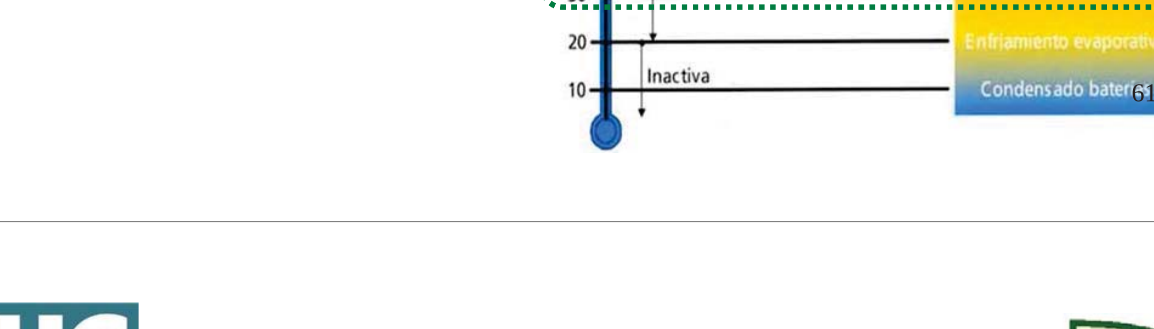


4.- Condensadores (IX)



La **Legionella** (I)

- Bacteria dotada de flagelo ⇒ gran movilidad
- Presente en el agua dulce
- La proliferación se favorece por:
  - Temperatura
  - Corrosiones y oxidaciones
  - Estancamientos
  - Materia orgánica





T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



4.- Condensadores (X)

La **Legionella** (II)



Para ser infectado, se tienen que dar las condiciones:
- Penetración de las bacterias en el circuito de agua
- Multiplicación de las bacterias en el agua
- Dispersión de las bacterias en el aire (aerosol)
- Respirar las bacterias

Legionelosis (grave)

Neumonía causada al entrar la bacteria en los alveolos
Fiebre alta, tos seca e inapetencias; posible: diarreas, vómitos, delirios
Más propensos los, ancianos, fumadores, drogadictos …
De 1.000 expuestos entre 20 y 30 serían afectados y morirían 3 o 4

Fiebre de Pontiac

Fiebre y dolores musculares pero no neumonía
Recuperación entre 2 y 5 días





4.- Condensadores (XI)

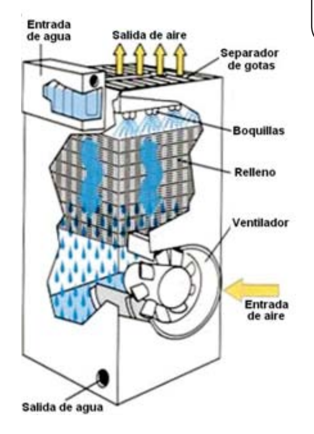
La **Legionella** (III)

Las Instalaciones con mayor peligro de cara a un brote de legionelosis son:

- Torres de refrigeración
- Condensadores evaporativos
- A.C.S. con retorno (duchas y grifos)
- Humidificadores industriales
- Piscinas, balnearios, …

→ Pulverización de agua en aire; Altas temperaturas; Suciedad; Corrosión e incrustaciones; Materiales inadecuados











4.- Condensadores (XII)

La **Legionella** (IV)

Guía UNE EN 100.030

Guía para la prevención, control de proliferación y diseminación de la legionelosis (en diseño y explotación de sistemas)

- Colocar separadores de gotas de alta eficacia
- Instalar bandejas de recogida de agua con un desnivel apreciable (plástico)
- Utilizar válvulas de drenaje en todos los puntos bajos
- Emplear elementos desmontables que facilitan la limpieza
- Evitar situar las tomas de aire exterior cerca las torres de refrigeración

Real Decreto 865/2003

Criterios Higiénico-Sanitarios para la Prevención y Control de la Legionelosis (establece la probabilidad de proliferación y dispersión según la instalación)

***RITE* (*e ITCs*)**

Mantenimiento de instalaciones





4.- Condensadores (XIII)

La **Legionella** (V)

En el mantenimiento preventivo:

- Físicos: reduciendo la presencia de materia orgánica e inorgánica
- Químicos: acondicionando con productos
- Controlando la calidad del agua (PH, dureza, alcalinidad, ...)

Se deben inspeccionar y limpiar eliminando sedimentos: torres de refrigeración, condensadores evaporativos, …

Los procesos de desinfección son :

- Térmica; calentando el agua temporalmente por encima de los 70ºC
- Química: añadiendo al agua cloro, ozono o peróxido de hidrógeno
- Radiación ultravioleta

Ozono





Iones

Cl

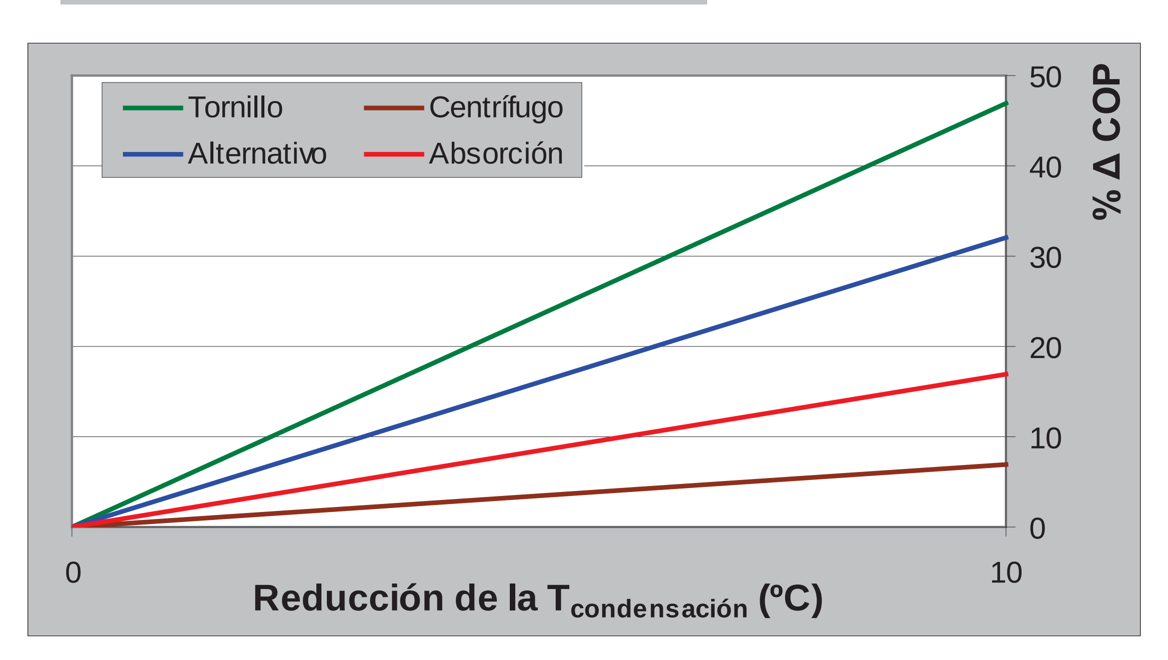




T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



4.- Condensadores (XIV)







5.- Dispositivos de Expansión (I)

Asegurar la alimentación de refrigerante al evaporador en las condiciones de temperatura y presión apropiadas, de modo que se aproveche la totalidad del evaporador (recalentamiento justo)

Produce una gran pérdida de presión ⇒ una evaporación de parte del líquido

No existe intercambio térmico (no hay área) ⇒ Descenso de temperatura

Dispositivos de expansión (I)

- ***Válvula de expansión fija***:
  - Son un orificio de tamaño fijo
  - Sin posibilidad de regulación
  - Pequeñas instalaciones de funcionamiento conocido

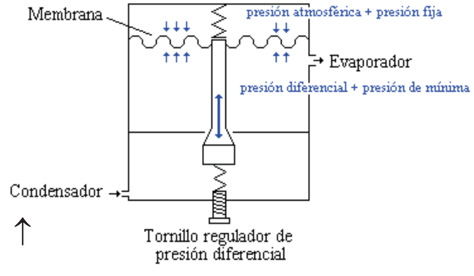




5.- Dispositivos de Expansión (II)

Dispositivos de expansión (II)

- ***Válvula de expansión automática***:
  - Son un orificio (regulable) que separa dos cámaras
  - Tienen un juego de presiones en una membrana entre un muelle y la presión de mínima
  - Logran una presión de mínima cte



$$p_{atmosférica} + p_{fija} = p_{regulable} + p_{mínima}$$

$$p.ej: 1 + 5 = 4 + p_{mínima} \Rightarrow p_{mínima} = 2$$

$$p.ej \text{ si } p_{mínima} \downarrow: 1 + 5 < 4 + 1{,}5 \Rightarrow \text{valvula abre} \Rightarrow p_{mínima} \uparrow$$

$$p.ej \text{ si } p_{mínima} \uparrow: 1 + 5 < 4 + 2{,}5 \Rightarrow \text{valvula cierra} \Rightarrow p_{mínima} \downarrow$$

Con el compresor parado provocan un cierre

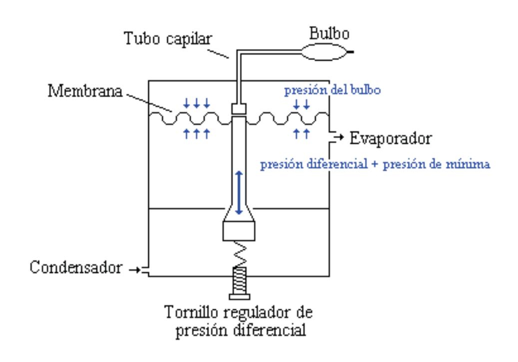


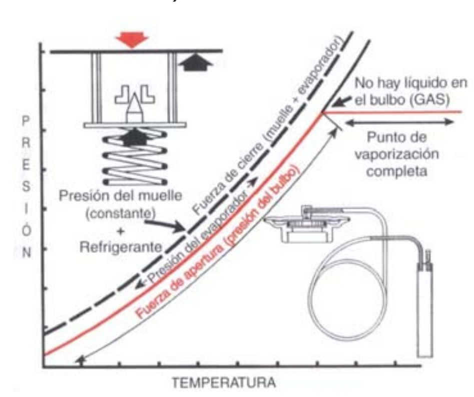


5.- Dispositivos de Expansión (III)

Dispositivos de expansión (III)

- ***Válvula de expansión termostática (I):***
  Añaden un bulbo, que realimenta en presión la temperatura de salida del evaporador (recalentamiento)







El bulbo en íntimo contacto con salida evaporador



T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas

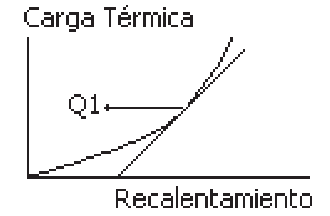


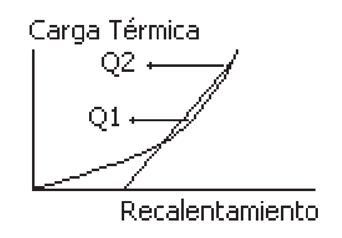
5.- Dispositivos de Expansión (IV)

Dispositivos de expansión (IV)

- ***Válvula de expansión termostática***:
  Pueden tener varias salidas
  (evaporadores de aire en paralelo)
  Compensador de presiones
  (grandes evaporadores)





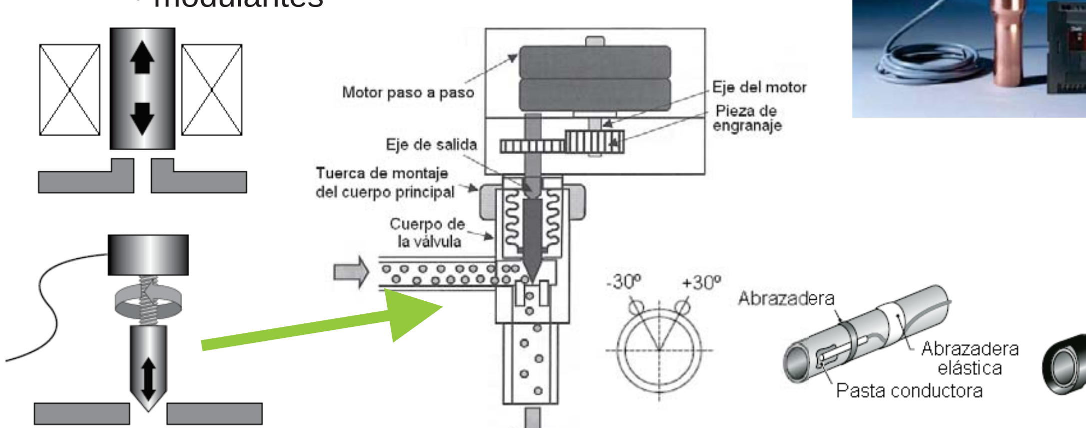


Punto de funcionamiento: corte de la válvula con el evaporador (evitar inestabilidades)

5.- Dispositivos de Expansión (V)

Dispositivos de expansión (V)

- ***Válvula de expansión electrónicas***:
  Sensores de p y T
  - de pulsos
  - modulantes



5.- Dispositivos de Expansión (VI)

Dispositivos de expansión (VI)

- ***Tubos capilares***:
  Longitud de 0,5 a 5 m
  ϕ de 0,6 a 2,3 mm
  Selección con experiencia y prueba y error
  Pequeñas máquinas de funcionamiento fijo y conocido
  Bajo coste
  No cierran en las paradas



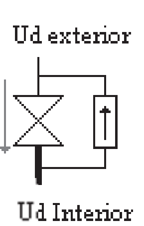




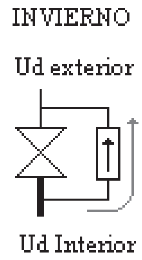
5.- Dispositivos de Expansión (VII)

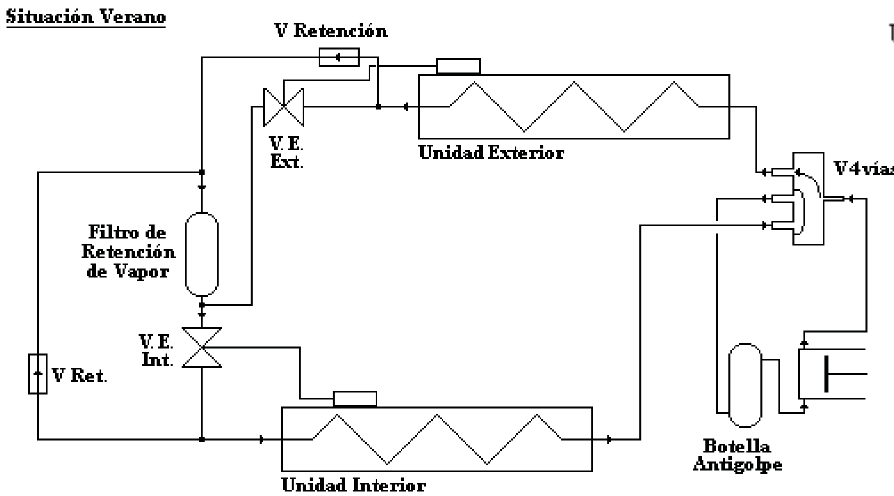
Doble sentido de circulación
(compatibilizar el funcionamiento en verano con el de invierno)

VERANO



INVIERNO









5.- Dispositivos de Expansión (VIII)

Doble sentido de circulación
(compatibilizar el funcionamiento en verano con el de invierno)

VERANO

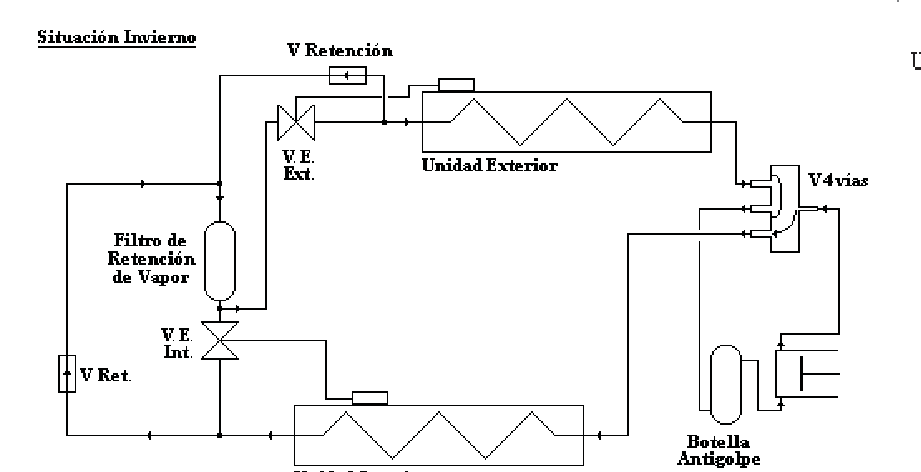
Ud exterior

Ud Interior

INVIERNO

Ud exterior

Ud Interior



Una sola válvula $\Rightarrow$ bulbo en la tubería de aspiración





6.- Evaporadores (I)

Intercambiador de calor, en él refrigerante, “líquido” a baja presión y temperatura, se evapora absorbiendo calor de un medio exterior más caliente (aire o agua)

Debe tener tamaño suficiente y provocar la mínima pérdida de presión posible

Siendo extenso el campo de aplicaciones del frío existen ***multitud de tipos*** de evaporadores, variando por su forma, construcción y aplicación.

Se clasifican en tres grandes grupos, que corresponden a los ***sistemas de funcionamiento*** del evaporador, y son:

- Sistema húmedo o inundado, el evaporador casi totalmente lleno de líquido
- Sistema seco, contiene la cantidad de refrigerante liquido absolutamente necesaria, reduciendo al mínimo la cantidad de refrigerante en el sistema, es el sistema más empleado
- Sistema semi-inundado, una variante del seco, son tubos conectados en paralelo a unos colectores distribuidores.

La entrada de refrigerante debe dosificarse al ritmo en que lo aspira el compresor







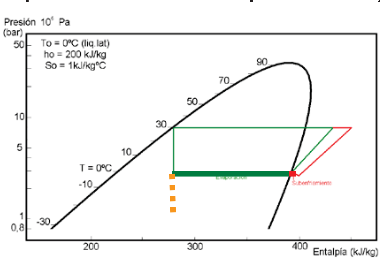
6.- Evaporadores (II)

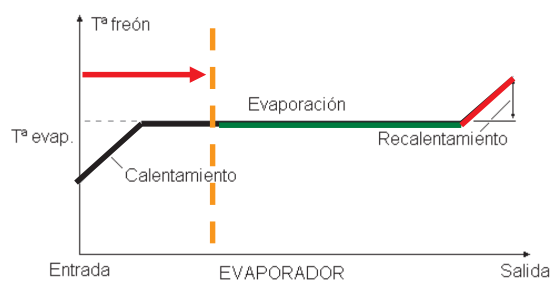
Entre las **aplicaciones** más comunes están:

– Enfriamiento de aire: tubo con aletas
– Enfriamiento de agua: intercambiador de placas o de tubos
  (peligro de congelación)
– Serpentín sumergido en un tanque
– Para formación de hielo
  (placa sobre la que se rocía agua, y luego se desprende)



Asegurar la completa evaporación del refrigerante: Recalentamiento
(evita líquido en el compresor)
Si es excesivo aumenta el consumo del compresor
(aumenta el volumen del vapor)
(isoentrópicas con menor pendiente)





6.- Evaporadores (III)

La escarcha es un aislante térmico, disminuye el rendimiento del equipo



Necesidad de desescarchado

- Natural (larga duración)
- Goteo de agua caliente (calentada en el condensador)
- Resistencia eléctrica (fácil instalación)
- Bomba de calor
- Gas caliente…

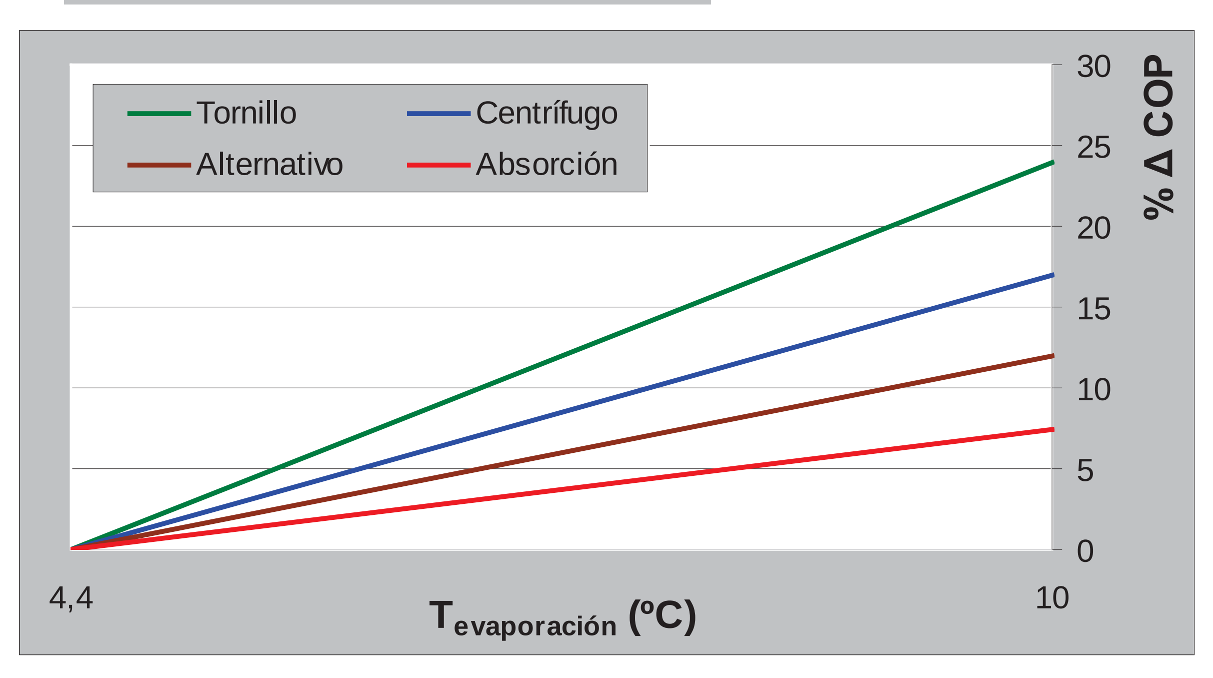
Paro de los ventiladores

Temporizado
Detector de escarcha

Bandeja de condensados
Desagües



6.- Evaporadores (IV)



6.- Evaporadores (V)

Evaporadores en microcanal

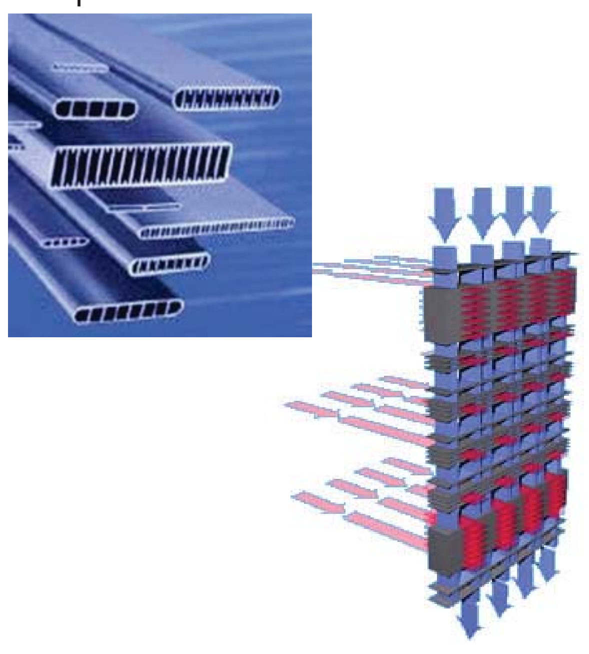
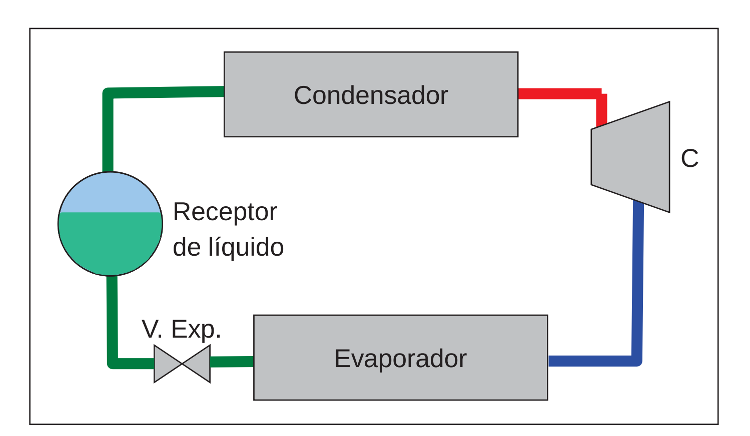


Fig Pg 32 instalador septiembre

6.- Evaporadores (VI)

Alimentación del Evaporador:

- Inyección Directa



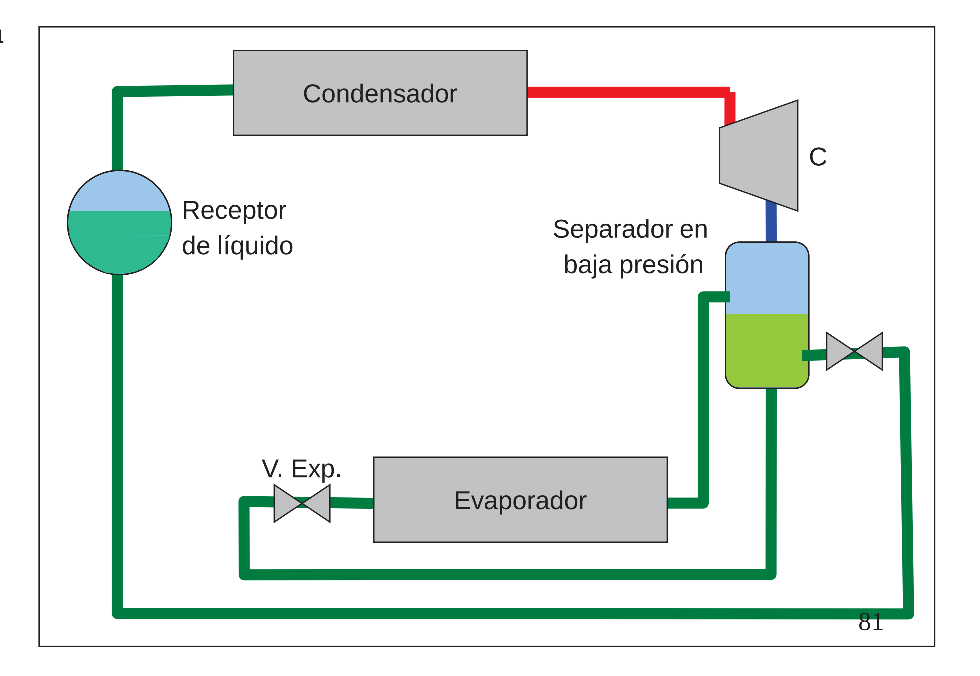




6.- Evaporadores (VI)

Alimentación del Evaporador:

- Inyección Directa
- Gravedad





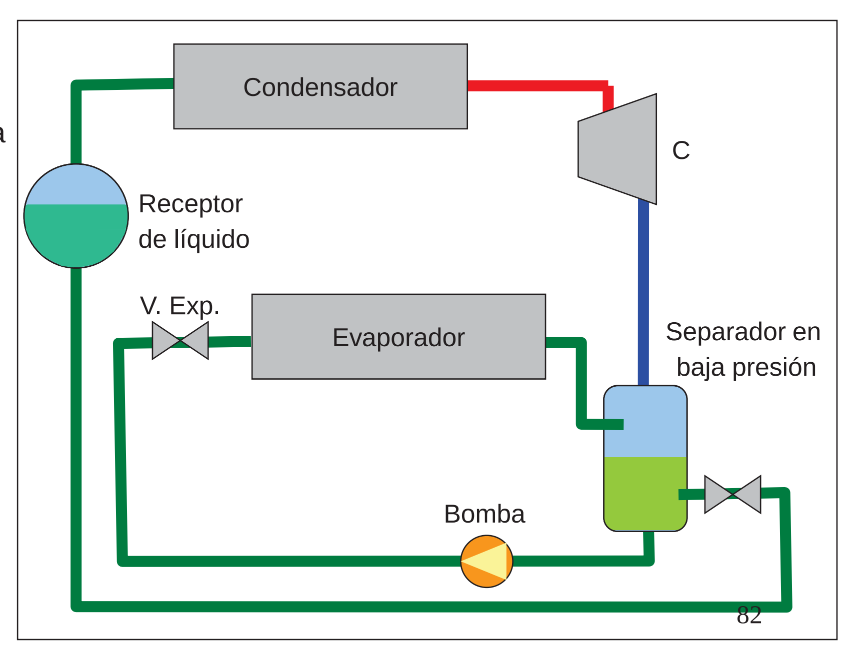
T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



6.- Evaporadores (VI)

Alimentación del Evaporador:

- Inyección Directa
- Gravedad
- Por inundación con bomba

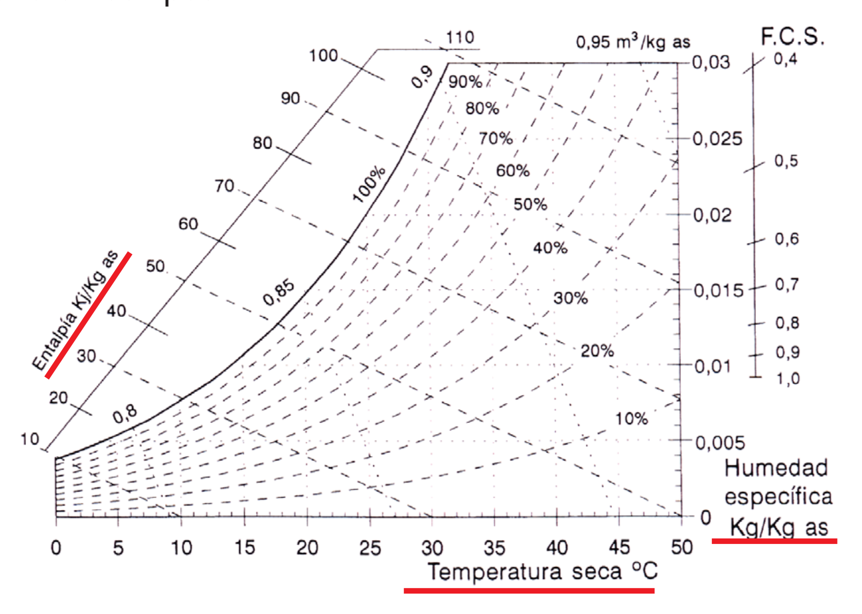






6.- Evaporadores (VII)

El Diagrama Psicrométrico representa las propiedades del aire húmedo
Hay que considerar la presión (altitud)
Existen diferentes tipos

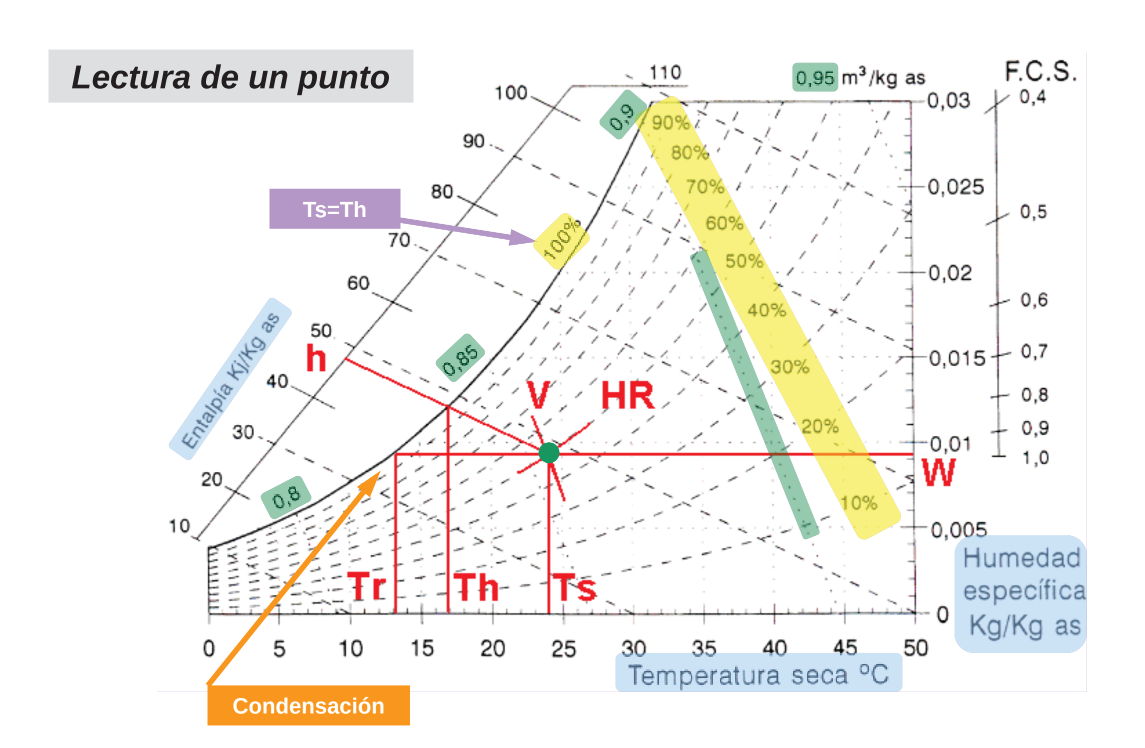






6.- Evaporadores (VIII)

Lectura de un punto





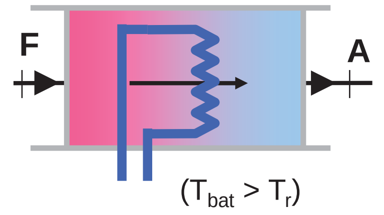


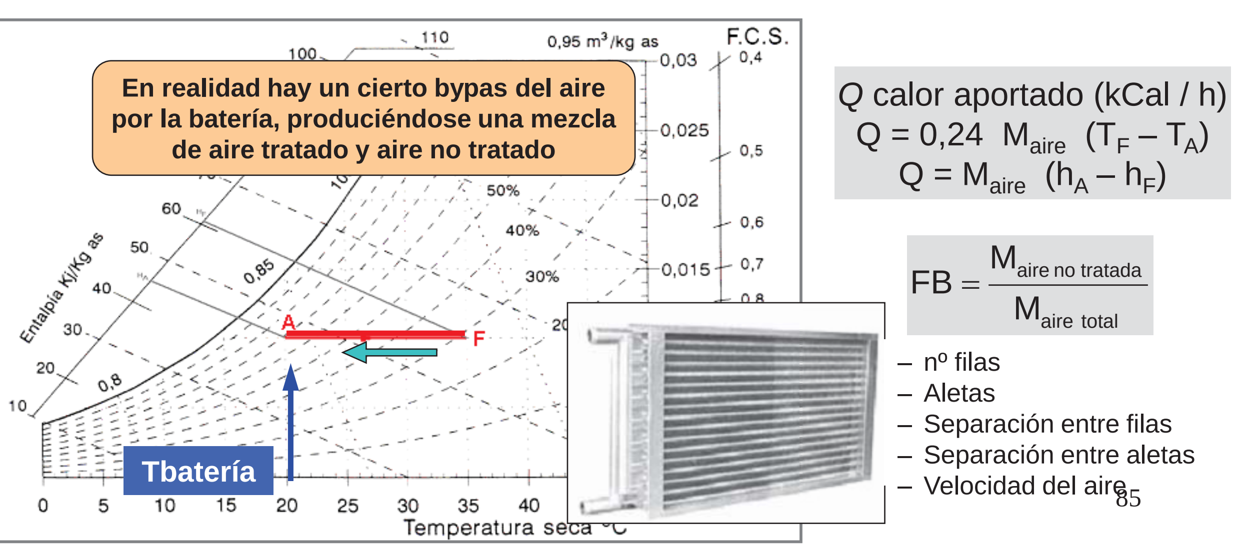
6.- Evaporadores (IX)

Enfriamiento sensible, sin deshumidificación

Paso por una batería fría a $T_{bat} > T_r$

No varía la humedad absoluta (W)





Q calor aportado (kCal / h)

$Q = 0,24 \ M_{aire} \ (T_F - T_A)$

$Q = M_{aire} \ (h_A - h_F)$

$$FB = \frac{M_{aire\ no\ tratada}}{M_{aire\ total}}$$

- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire





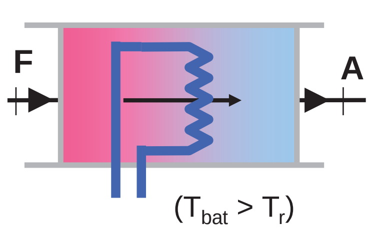
T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas

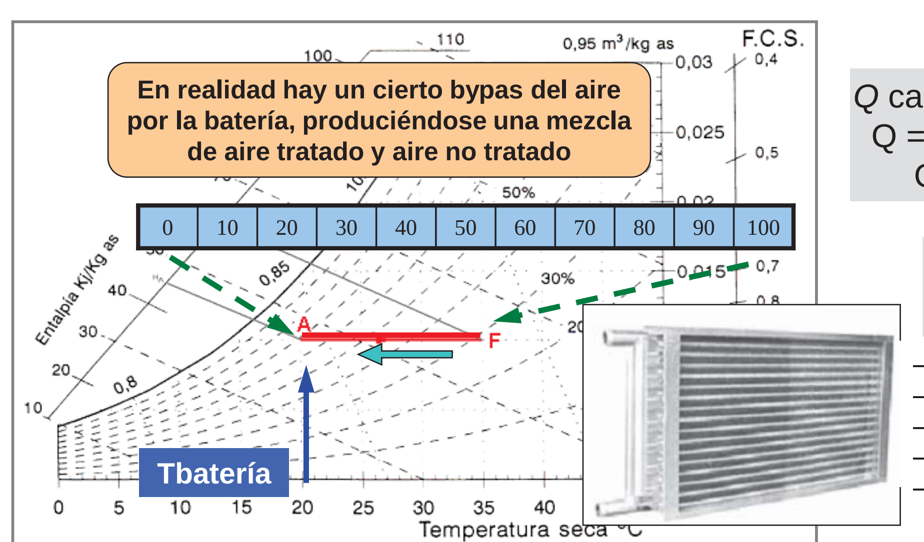
6.- Evaporadores (IX)

Enfriamiento sensible, sin deshumidificación

Paso por una batería fría a $T_{bat} > T_r$

No varía la humedad absoluta (W)





Q calor aportado (kCal / h)

$Q = 0,24 \ M_{aire} \ (T_F - T_A)$

$Q = M_{aire} \ (h_A - h_F)$

$$FB = \frac{M_{aire\ no\ tratada}}{M_{aire\ total}}$$

- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire



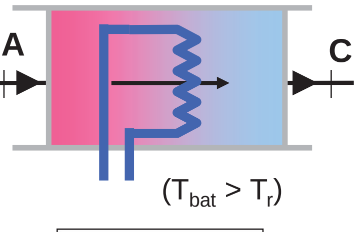


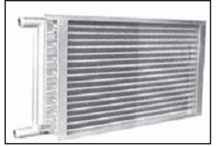
6.- Evaporadores (X)

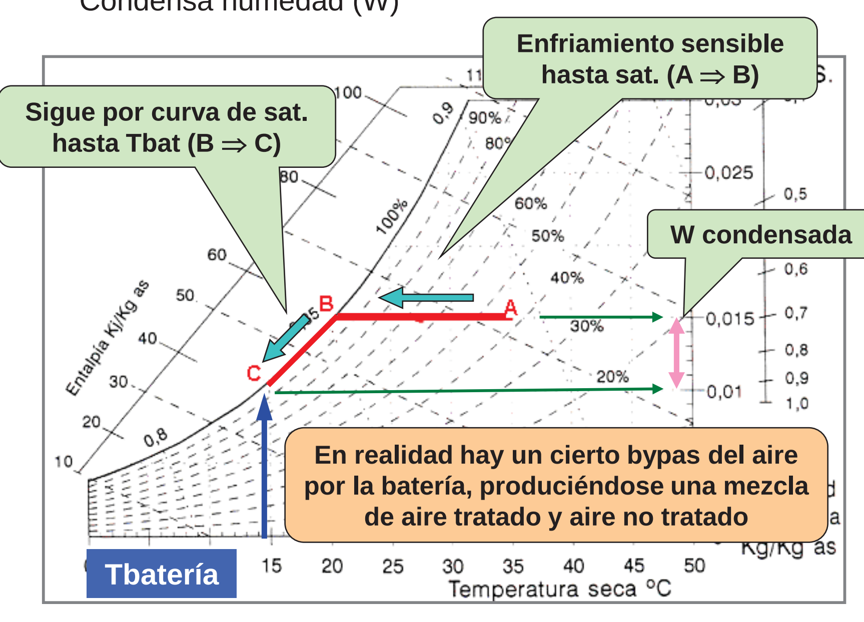
Enfriamiento con deshumidificación

Paso por una batería fría a $T_{bat} < T_r$

Condensa humedad (W)







$$FB = \frac{M_{aire\ no\ tratada}}{M_{aire\ total}}$$

- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire



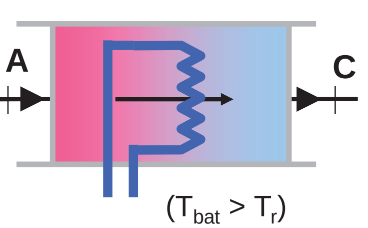


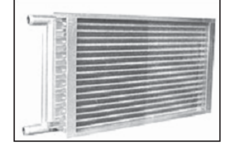
6.- Evaporadores (X)

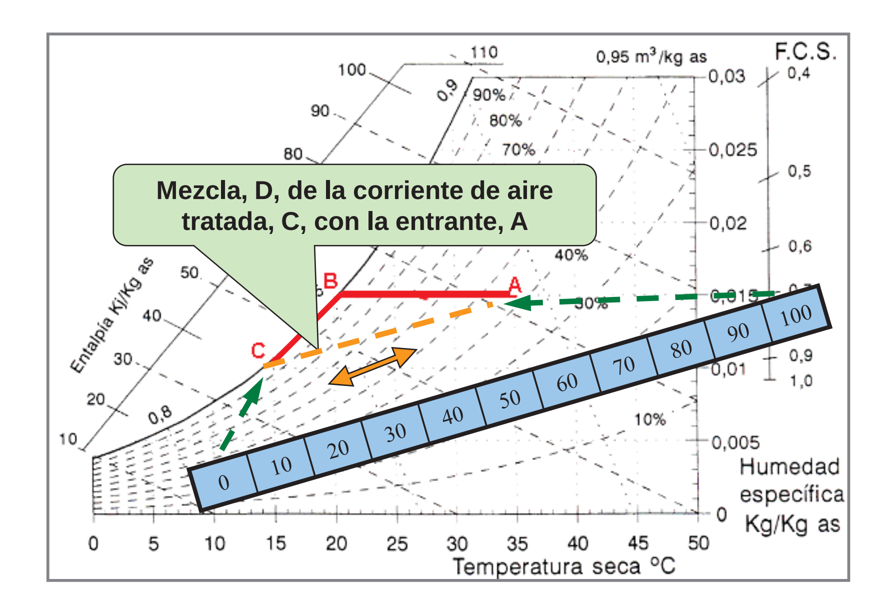
Enfriamiento con deshumidificación

Paso por una batería fría a $T_{bat} < T_r$

Condensa humedad (W)







$$FB = \frac{M_{aire\ no\ tratada}}{M_{aire\ total}}$$

- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire

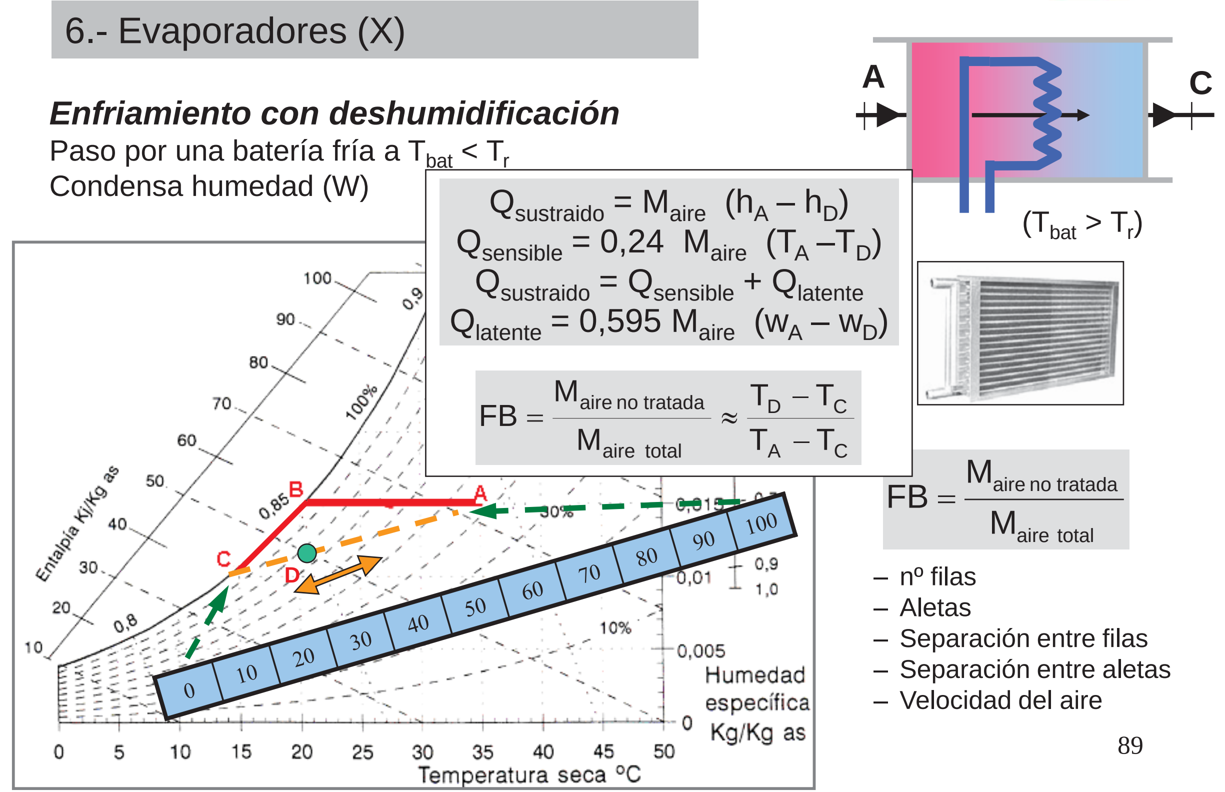



6.- Evaporadores (X)

Enfriamiento con deshumidificación

Paso por una batería fría a $T_{bat} < T_r$

Condensa humedad (W)



$$Q_{sustraido} = M_{aire}\ (h_A - h_D)$$
$$Q_{sensible} = 0{,}24\ M_{aire}\ (T_A - T_D)$$
$$Q_{sustraido} = Q_{sensible} + Q_{latente}$$
$$Q_{latente} = 0{,}595\ M_{aire}\ (w_A - w_D)$$

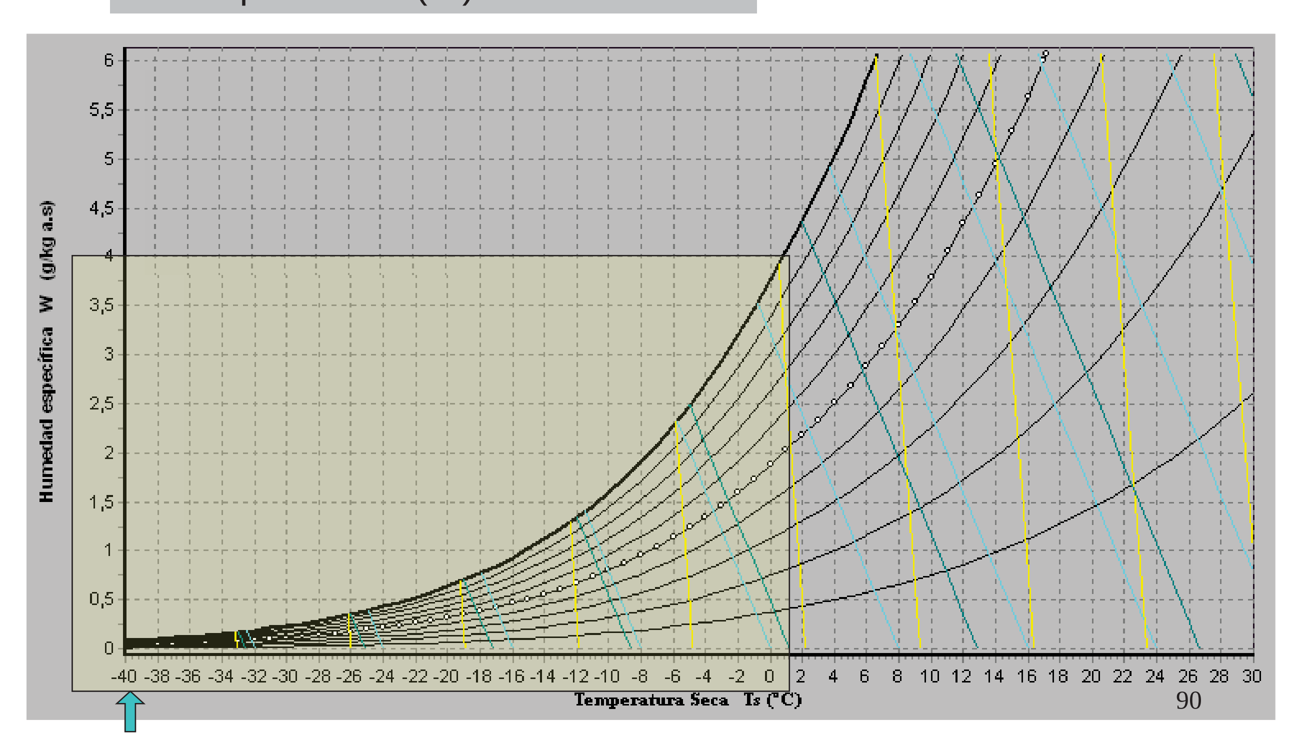
$$FB = \frac{M_{aire\ no\ tratada}}{M_{aire\ total}} \approx \frac{T_D - T_C}{T_A - T_C}$$

$$FB = \frac{M_{aire\ no\ tratada}}{M_{aire\ total}}$$

- nº filas
- Aletas
- Separación entre filas
- Separación entre aletas
- Velocidad del aire




6.- Evaporadores (XI)

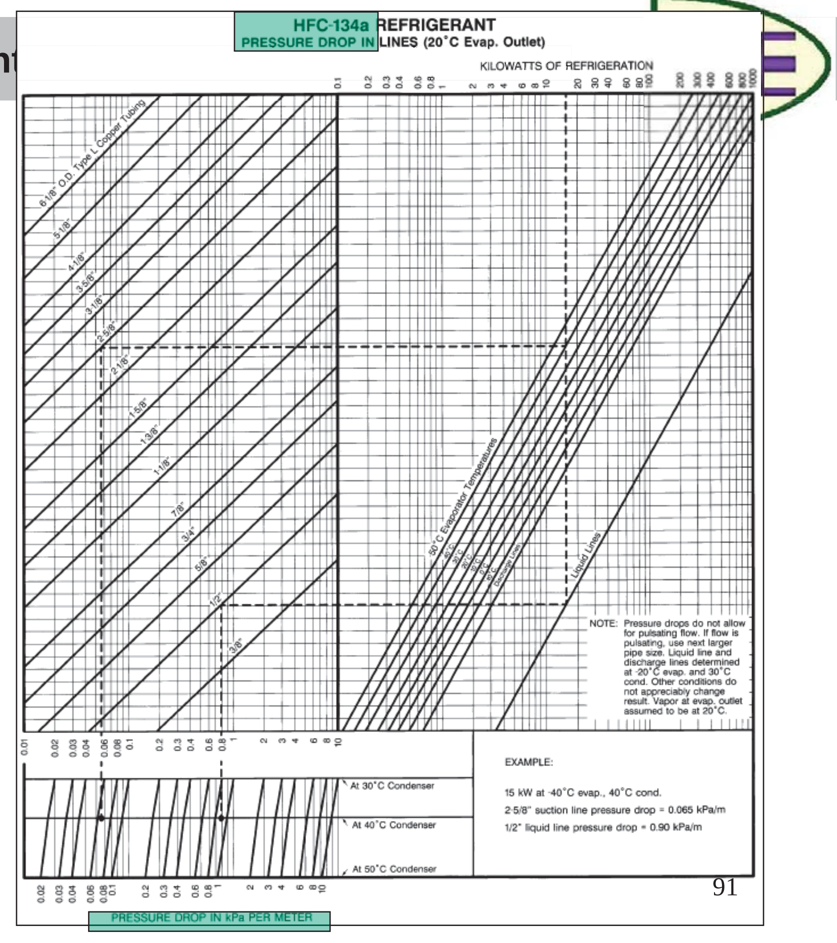




T3.- Element

7.- Tuberías (I)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 2
System Practices for **Halocarbon** Refrigerants

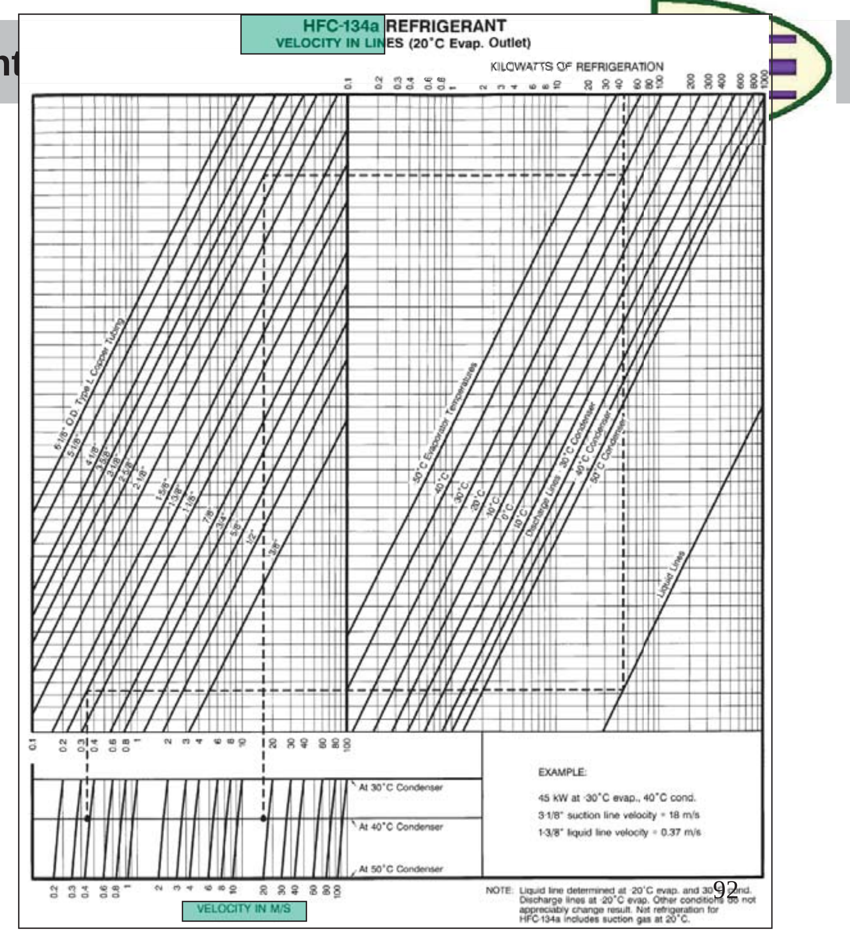




T3.- Element

7.- Tuberías (II)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 2
System Practices for **Halocarbon** Refrigerants





7.- Tub

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 2
System Practices for **Halocarbon** Refrigerants

Table 5 Suction, Discharge, and Liquid Line Capacities in Kilowatts for Refrigerant 134a (Single- or High-Stage Applications)

Nominal Line OD, mm	Suction Lines (Δt = 0.04 K/m) Saturated Suction Temperature, °C: −10	−5	0	5	10	Discharge Lines (Δt = 0.02 K/m, Δp = 538 Pa/m) Saturated Suction Temperature, °C: −10	0	10	Liquid Lines (See notes a and b) Velocity = 0.5 m/s	Δt = 0.02 K/m Δp = 538 Pa/m
	Corresponding Δp, Pa/m: 318	368	425	487	555					
TYPE L COPPER LINE										
12	0.62	0.76	0.92	1.11	1.33	1.69	1.77	1.84	6.51	8.50
15	1.18	1.45	1.76	2.12	2.54	3.23	3.37	3.51	10.60	16.30
18	2.06	2.52	3.60	3.69	4.42	5.61	5.85	6.09	16.00	28.40
22	3.64	4.45	5.40	6.50	7.77	9.87	10.30	10.70	24.50	50.10
28	7.19	8.80	10.70	12.80	15.30	19.50	20.30	21.10	41.00	99.50
35	13.20	16.10	19.50	23.50	28.10	35.60	37.20	38.70	64.90	183.00
42	21.90	26.80	32.40	39.00	46.50	59.00	61.60	64.10	95.20	304.00
54	43.60	53.20	64.40	77.30	92.20	117.00	122.00	127.00	160.00	605.00
67	77.70	94.60	115.00	138.00	164.00	208.00	217.00	226.00	248.00	1080.00
79	120.00	147.00	177.00	213.00	253.00	321.00	335.00	349.00	346.00	1670.00
105	257.00	313.00	379.00	454.00	541.00	686.00	715.00	744.00	618.00	3580.00
STEEL LINE										
10	0.87	1.06	1.27	1.52	1.80	2.28	2.38	2.47	9.81	12.30
15	1.62	1.96	2.36	2.81	3.34	4.22	4.40	4.58	15.60	22.80
20	3.41	4.13	4.97	5.93	7.02	8.88	9.26	9.64	27.40	48.20
25	6.45	7.81	9.37	11.20	13.30	16.70	17.50	18.20	44.40	91.00
32	13.30	16.10	19.40	23.10	27.40	34.60	36.10	37.50	76.90	188.00
40	20.00	24.20	29.10	34.60	41.00	51.90	54.10	56.30	105.00	283.00
50	38.60	46.70	56.00	66.80	79.10	100.00	104.00	108.00	173.00	546.00
65	61.50	74.30	89.30	106.00	126.00	159.00	166.00	173.00	246.00	871.00
80	109.00	131.00	158.00	288.00	223.00	281.00	294.00	306.00	380.00	1540.00
100	222.00	268.00	322.00	383.00	454.00	573.00	598.00	622.00	655.00	3140.00

Notes:
1. Table capacities are in kilowatts of refrigeration.
   Δp = pressure drop per equivalent line length, Pa/m
   Δt = corresponding change in saturation temperature, K/m
2. Line capacity for other saturation temperatures Δt and equivalent lengths L_e

$$\text{Line capacity} = \text{Table capacity}\left(\frac{\text{Table } L_e}{\text{Actual } L_e} \times \frac{\text{Actual } \Delta t}{\text{Table } \Delta t}\right)^{0.55}$$

3. Saturation temperature Δt for other capacities and equivalent lengths L_e

$$\Delta t = \text{Table } \Delta t \left(\frac{\text{Actual } L_e}{\text{Table } L_e}\right)\left(\frac{\text{Actual capacity}}{\text{Table capacity}}\right)^{1.8}$$

4. Values in the table are based on 40°C condensing temperature. Multiply table capacities by the following factors for other condensing temperatures.

Condensing Temperature, °C	Suction Line	Discharge Line
20	1.239	0.682
30	1.120	0.856
40	1.0	1.0
50	0.888	1.110

[a]The sizing shown is recommended where any gas generated in the receiver must return up the condensate line to the condenser without restricting condensate flow. Water-cooled condensers, where the receiver ambient temperature may be higher than the refrigerant condensing temperature, fall into this category.

[b]The line pressure drop Δp is conservative; if subcooling is substantial or the line is short, a smaller size line may be used. Applications with very little subcooling or very long lines may require a larger line.





7.- Tuberías (IV)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 2
System Practices for **Halocarbon** Refrigerants

Table 16 Fitting Losses in Equivalent Metres of Pipe
(Screwed, Welded, Flanged, Flared, and Brazed Connections)

Nominal Pipe or Tube Size, mm	Smooth Bend Elbows: 90° Std[a]	90° Long-Radius[b]	90° Street[a]	45° Std[a]	45° Street[a]	180° Std[a]	Smooth Bend Tees: Flow Through Branch	Straight-Through Flow: No Reduction	Reduced 1/4	Reduced 1/2
10	0.4	0.3	0.7	0.2	0.3	0.7	0.8	0.3	0.4	0.4
15	0.5	0.3	0.8	0.2	0.4	0.8	0.9	0.3	0.4	0.5
20	0.6	0.4	1.0	0.3	0.5	1.0	1.2	0.4	0.6	0.6
25	0.8	0.5	1.2	0.4	0.6	1.2	1.5	0.5	0.7	0.8
32	1.0	0.7	1.7	0.5	0.9	1.7	2.1	0.7	0.9	1.0
40	1.2	0.8	1.9	0.6	1.0	1.9	2.4	0.8	1.1	1.2
50	1.5	1.0	2.5	0.8	1.4	2.5	3.0	1.0	1.4	1.5
65	1.8	1.2	3.0	1.0	1.6	3.0	3.7	1.2	1.7	1.8
80	2.3	1.5	3.7	1.2	2.0	3.7	4.6	1.5	2.1	2.3
90	2.7	1.8	4.6	1.4	2.2	4.6	5.5	1.8	2.4	2.7
100	3.0	2.0	5.2	1.6	2.6	5.2	6.4	2.0	2.7	3.0
125	4.0	2.5	6.4	2.0	3.4	6.4	7.6	2.5	3.7	4.0
150	4.9	3.0	7.6	2.4	4.0	7.6	9	3.0	4.3	4.9
200	6.1	4.0	—	3.0	—	10	12	4.0	5.5	6.1
250	7.6	4.9	—	4.0	—	13	15	4.9	7.0	7.6
300	9.1	5.8	—	4.9	—	15	18	5.8	7.9	9.1
350	10	7.0	—	5.5	—	17	21	7.0	9.1	10
400	12	7.9	—	6.1	—	19	24	7.9	11	12
450	13	8.8	—	7.0	—	21	26	8.8	12	13
500	15	10	—	7.9	—	25	30	10	13	15
600	18	12	—	9.1	—	29	35	12	15	18

[a]R/D approximately equal to 1. [b]R/D approximately equal to 1.5.



T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



7.- Tuberías (IV)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 3
System Practices for **Ammonia** Refrigerant

Table 1 Suction Line Capacities in Kilowatts for Ammonia with Pressure Drops of 0.005 and 0.01 K/m Equivalent

Steel Nominal Line Size, mm	Saturated Suction Temperature, °C: –50, Δt = 0.005 K/m, Δp = 12.1 Pa/m	–50, Δt = 0.01 K/m, Δp = 24.2 Pa/m	–40, Δt = 0.005 K/m, Δp = 19.2 Pa/m	–40, Δt = 0.01 K/m, Δp = 38.4 Pa/m	–30, Δt = 0.005 K/m, Δp = 29.1 Pa/m	–30, Δt = 0.01 K/m, Δp = 58.2 Pa/m
10	0.19	0.29	0.35	0.51	0.58	0.85
15	0.37	0.55	0.65	0.97	1.09	1.60
20	0.80	1.18	1.41	2.08	2.34	3.41
25	1.55	2.28	2.72	3.97	4.48	6.51
32	3.27	4.80	5.71	8.32	9.36	13.58
40	4.97	7.27	8.64	12.57	14.15	20.49
50	9.74	14.22	16.89	24.50	27.57	39.82
65	15.67	22.83	27.13	39.27	44.17	63.77
80	28.08	40.81	48.36	69.99	78.68	113.30
100	57.95	84.10	99.50	143.84	161.77	232.26
125	105.71	153.05	181.16	261.22	293.12	420.83
150	172.28	248.91	294.74	424.51	476.47	683.18
200	356.67	514.55	609.20	874.62	981.85	1402.03
250	649.99	937.58	1107.64	1589.51	1782.31	2545.46
300	1045.27	1504.96	1777.96	2550.49	2859.98	4081.54
Steel Nominal Line Size, mm	**Saturated Suction Temperature, °C: –20, Δt = 0.005 K/m, Δp = 42.2 Pa/m**	**–20, Δt = 0.01 K/m, Δp = 84.4 Pa/m**	**–5, Δt = 0.005 K/m, Δp = 69.2 Pa/m**	**–5, Δt = 0.01 K/m, Δp = 138.3 Pa/m**	**+5, Δt = 0.005 K/m, Δp = 92.6 Pa/m**	**+5, Δt = 0.01 K/m, Δp = 185.3 Pa/m**
10	0.91	1.33	1.66	2.41	2.37	3.42
15	1.72	2.50	3.11	4.50	4.42	6.37
20	3.66	5.31	6.61	9.53	9.38	13.46
25	6.98	10.10	12.58	18.09	17.79	25.48
32	14.58	21.04	26.17	37.56	36.94	52.86
40	21.99	31.73	39.40	56.39	55.53	79.38
50	42.72	61.51	76.29	109.28	107.61	153.66
65	68.42	98.23	122.06	174.30	171.62	245.00
80	121.52	174.28	216.15	308.91	304.12	433.79
100	249.45	356.87	442.76	631.24	621.94	885.81
125	452.08	646.25	800.19	1139.74	1124.47	1598.31
150	733.59	1046.77	1296.07	1846.63	1819.59	2590.21
200	1506.11	2149.60	2662.02	3784.58	3735.65	5303.12
250	2731.90	3895.57	4818.22	6851.91	6759.98	9589.56
300	4378.87	6237.23	7714.93	10 973.55	10 810.65	15 360.20

Note: Capacities are in kilowatts of refrigeration resulting in a line friction loss per unit equivalent pipe length (Δp in Pa/m), with corresponding change in saturation temperature per unit length (Δt in K/m).



T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



7.- Tuberías (IV)

ASHRAE REFRIGERATION HANDBOOK, Ch 3
System Practices for **Ammonia** Refrigerant

Table 2 Suction, Discharge Line, and Liquid Capacities in Kilowatts for Ammonia (Single- or High-Stage Applications)

Steel Nominal Line Size, mm	Suction Lines (Δt = 0.02 K/m), Saturated Suction Temperature, °C: –40, Δp = 76.9	–30, Δp = 116.3	–20, Δp = 168.8	–5, Δp = 276.6	+5, Δp = 370.5	Discharge Lines (Δt = 0.02 K/m, Δp = 684.0 Pa/m), Saturated Suction Temp., °C: –40	–20	+5	Steel Nominal Line Size, mm	Liquid Lines: Velocity = 0.5 m/s	Δp = 450.0
10	0.8	1.2	1.9	3.5	4.9	8.0	8.3	8.5	10	3.9	63.8
15	1.4	2.3	3.6	6.5	9.1	14.9	15.3	15.7	15	63.2	118.4
20	3.0	4.9	7.7	13.7	19.3	31.4	32.3	33.2	20	110.9	250.2
25	5.8	9.4	14.6	25.9	36.4	59.4	61.0	62.6	25	179.4	473.4
32	12.1	19.6	30.2	53.7	75.4	122.7	126.0	129.4	32	311.0	978.0
40	18.2	29.5	45.5	80.6	113.3	184.4	189.4	194.5	40	423.4	1469.4
50	35.4	57.2	88.1	155.7	218.6	355.2	364.9	374.7	50	697.8	2840.5
65	56.7	91.6	140.6	248.6	348.9	565.9	581.4	597.0	65	994.8	4524.8
80	101.0	162.4	249.0	439.8	616.9	1001.9	1029.3	1056.9	80	1536.3	8008.8
100	206.9	332.6	509.2	897.8	1258.6	2042.2	2098.2	2154.3	—	—	—
125	375.2	601.8	902.6	1622.0	2271.4	3682.1	3783.0	3884.2	—	—	—
150	608.7	975.6	1491.4	2625.4	3672.5	5954.2	6117.4	6281.0	—	—	—
200	1252.3	2003.3	3056.0	5382.5	7530.4	12 195.3	12 529.7	12 864.8	—	—	—
250	2271.0	3625.9	5539.9	9733.7	13619.6	22 028.2	22 632.2	23 237.5	—	—	—
300	3640.5	5813.5	8873.4	15568.9	21787.1	35 239.7	36 206.0	37 174.3	—	—	—

Notes:

1. Table capacities are in kilowatts of refrigeration.
   Δp = pressure drop due to line friction, Pa/m
   Δt = corresponding change in saturation temperature, K/m
2. Line capacity for other saturation temperatures Δt and equivalent lengths L_e

$$\text{Line capacity} = \text{Table capacity}\left(\frac{\text{Table } L_e}{\text{Actual } L_e} \times \frac{\text{Actual } \Delta t}{\text{Table } \Delta t}\right)^{0.55}$$

3. Saturation temperature Δt for other capacities and equivalent lengths L_e

$$\Delta t = \text{Table } \Delta t\left(\frac{\text{Actual } L_e}{\text{Table } L_e}\right)\left(\frac{\text{Actual capacity}}{\text{Table capacity}}\right)^{1.8}$$

4. Values in the table are based on 30°C condensing temperature. Multiply table capacities by the following factors for other condensing temperatures:

Condensing Temperature, °C	Suction Lines	Discharge Lines
20	1.04	0.86
30	1.00	1.00
40	0.96	1.24
50	0.91	1.43

5. Liquid line capacities are based on –5°C suction.





8.- Otros Dispositivos (I)

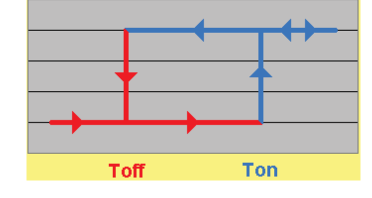


Termostatos

Control de encendido y apagado por temperatura
(banda de regulación, histéresis)
Protección del sistema



- T. diferencial





- T. ambiente





- T. Ambiente con desescarche semiautomático
- T. Anticongelación







8.- Otros Dispositivos (II)



Presostatos

Permiten limitar la presión, sirven como seguridad al proteger al sistema

- De máxima
- De mínima
- Conjunto











T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



8.- Otros Dispositivos (III)

Elementos de medida

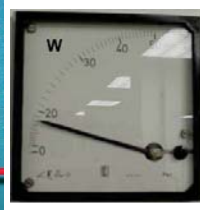
- Termómetros
- Manómetros
- Consumos (eléctricos)











Otros dispositivos de seguridad

- Válvulas de seguridad
- De las instalaciones auxiliares (eléctricas, gas, agua, …)



T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



8.- Otros Dispositivos (IV)

V. Solenoides

Válvulas con control eléctrico directas o servo-accionadas
Para abrir o cerrar las líneas de líquido, aspiración y gas caliente



Filtros

Protegen el sistema de refrigeración reteniendo las partículas sólidas y reduciendo la humedad al mínimo









8.- Otros Dispositivos (V)





Visores de Líquido

Se instalan en la línea de líquido
Permiten observar el nivel de refrigerante, situación del aceite, carga de refrigerante y subenfriamiento



Filtros de aceite

Se instala en la descarga del compresor
Separar el aceite del gas de descarga para ser devuelto al compresor





8.- Otros Dispositivos (VI)





V. Retención

Se instalan en la línea de líquido, en la de aspiración o en la de descarga
Previenen migraciones de refrigerante y daños en los componentes del sistema

Válvulas Manuales

Permiten realizar operaciones de montaje y mantenimiento











8.- Otros Dispositivos (VII)

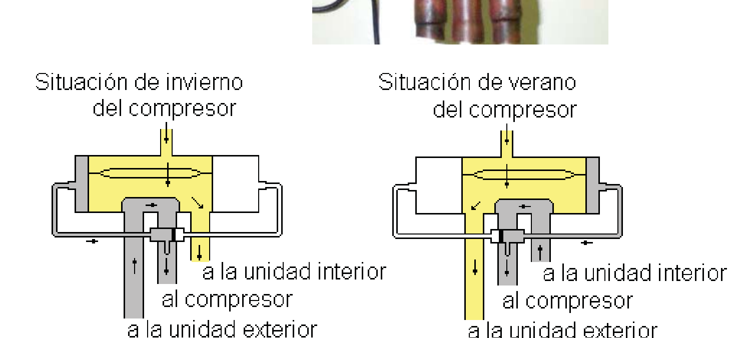
Válvula de 4 vías

Se encarga de invertir el flujo del refrigerante

Conexión de las tuberías:
- Superior: descarga
- Enfrentada: aspiración
- Otras: las dos unidades

Pilotada eléctricamente

Acc. por la presión del refrig.



Puede utilizarse para bomba de calor o para realizar ciclos de desescarche



T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



8.- Otros Dispositivos (VIII)

Regulador de presión de evaporación

Se instalan en la línea de aspiración (después del evaporador)
Sirven para prevenir que la presión de evaporación caiga bajo un nivel determinado



Regulador de presión de aspiración

Se instala en la línea de aspiración (antes del compresor)
Sirven para prevenir presiones de aspiración elevadas







8.- Otros Dispositivos (IX)



Regulador de capacidad

Se instala en línea de gas caliente inyectando hacia la línea de aspiración
Sirven para evitar que la presión de aspiración caiga por debajo de lo permitido al compresor

Regulador de presión de condensación



Se instala en línea de gas caliente o líquido entre el condensador y el recipiente
Sirve para prevenir caídas en la presión de condensación





8.- Otros Dispositivos (X)

Regulador de presión en el recipiente

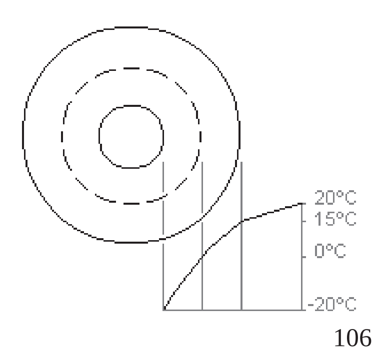


Se instala en la línea de gas caliente entre la línea de descarga y el recipiente
Sirve para prevenir que la presión en el recipiente caiga

Aislamiento

Pérdidas térmicas
Quemaduras
Condensaciones





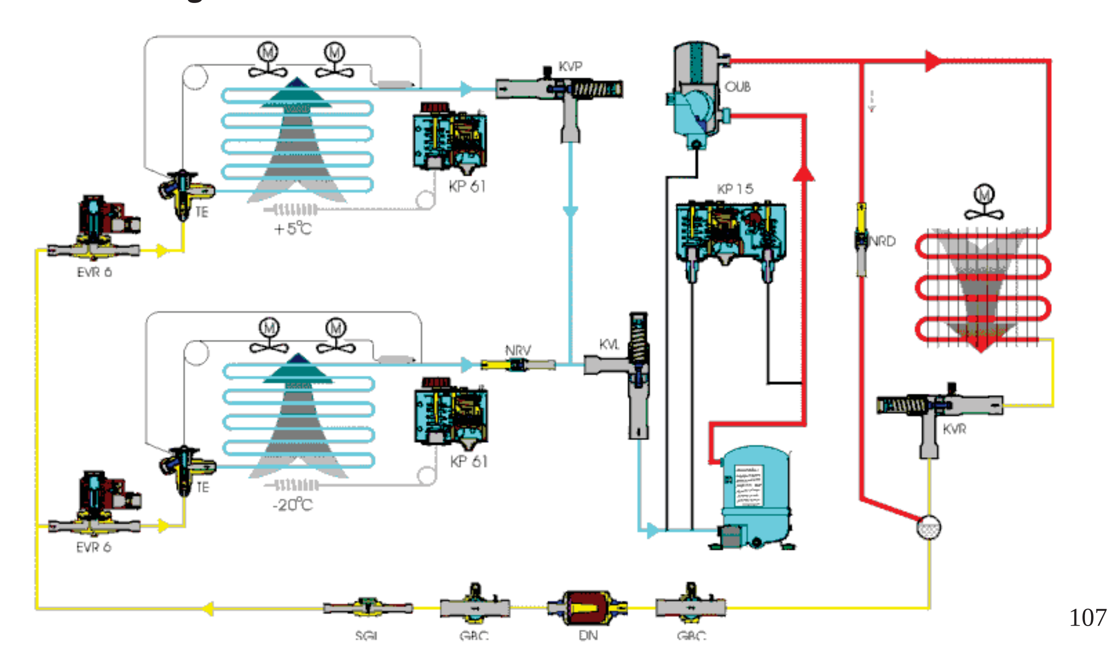


T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



8.- Otros Dispositivos (XI)

Cto de refrigeración con controles

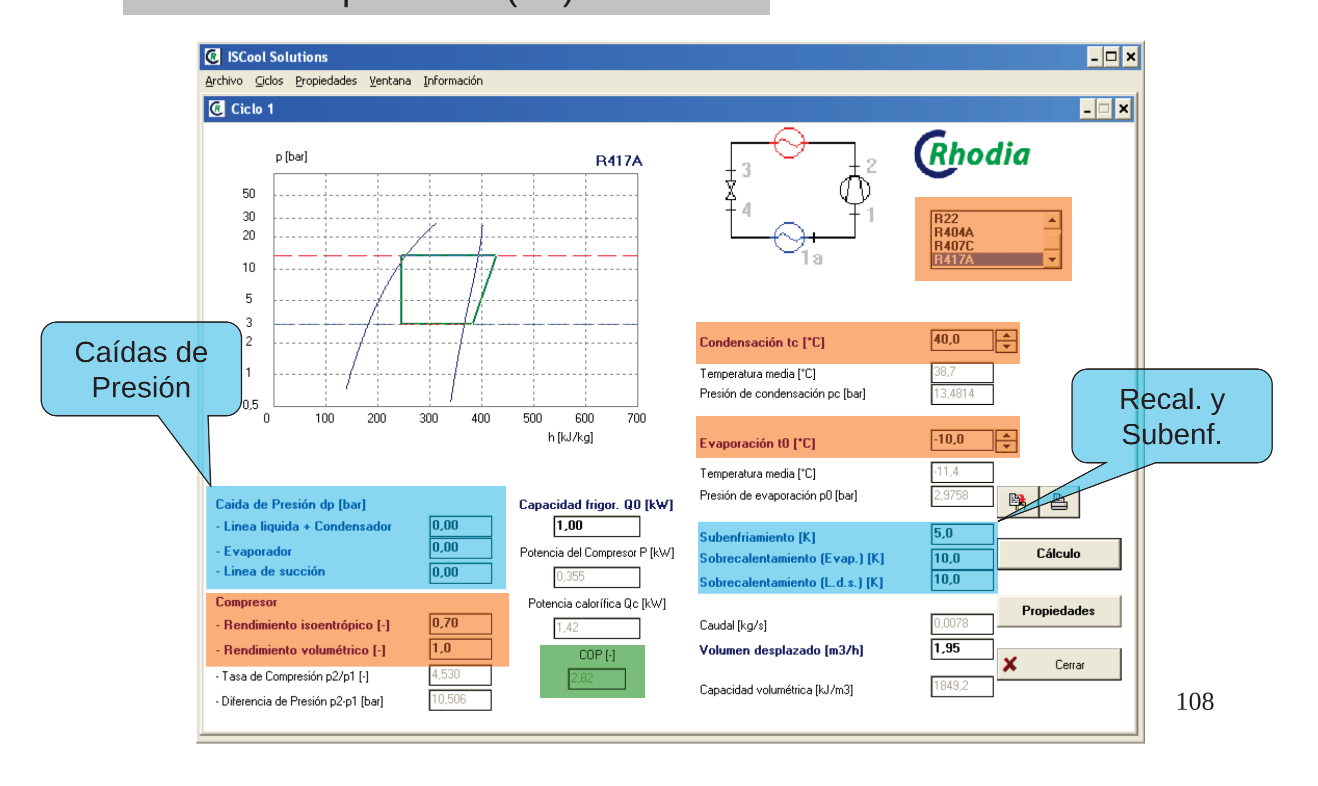




T3.- Elementos de Instalaciones Frigoríficas



8.- Otros Dispositivos (XII)







Bibliografía del Tema (I)



Refrigeración Comercial
D Wirz

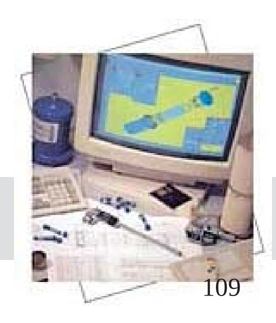
Cuadernos de Climatización
Máquinas Frigoríficas
FERROLI





Tecnología de la Refrigeración
y Aire Acondicionado (T II)
W.C. Whitman, W.M. Johnson

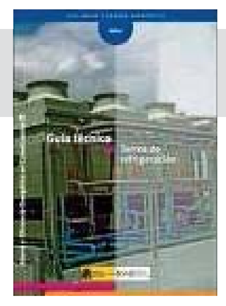
Manual Técnico Valycontrol
http://www.valycontrol.com.mx/literatura_mt.htm







Bibliografía del Tema (II)



Guía Técnica: Torres de Refrigeración
IDAE

Guía para Mantenimiento
EUROVENT







STANDAR, Minimización
Riesgo de Legionela
ASHRAE





Bibliografía del Tema (III)

Revistas nacionales:

- **El Instalador**
- **Montajes e Instalaciones**



http://www.carel.com/
http://www.danfoss.com/spain
http://www.emersonclimate.com/





http://www.bitzer.com/
http://www.carlylecompressor.com/
http://www.emersonclimate.com/
http://www.tecumseh.com/homepage.htm

http://www.salvadorescoda.com/

http://www.e-nergias.com/www/monograficos/guiaCOMadrid.htm

